

07 JUL 2004

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003年7月31日 (31.07.2003)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/062412 A1

- (51) 国際特許分類⁷: C12N 9/42, 郁之進 (KATO, Ikunoshin) [JP/JP]; 〒611-0028 京都府宇治市南陵町1-1-150 Kyoto (JP).
C07H 11/00, C08B 37/00, C12P 19/04
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/00334 (74) 代理人: 青山 葆, 外 (AOYAMA, Tamotsu et al.); 〒540-0001 大阪府大阪市中央区城見1丁目3番7号IMPビル青山特許事務所 Osaka (JP).
- (22) 国際出願日: 2003年1月17日 (17.01.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- (30) 優先権データ:
特願2002-10844 2002年1月18日 (18.01.2002) JP
特願2002-149874 2002年5月23日 (23.05.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): タカラバイオ株式会社 (TAKARA BIO INC.) [JP/JP]; 〒520-2193 滋賀県大津市瀬田三丁目4番1号 Shiga (JP).
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 酒井 武 (SAKAI, Takeshi) [JP/JP]; 〒525-0072 滋賀県草津市笠山4丁目9-11 Shiga (JP). 餘目 ひとみ (AMARUME, Hitomi) [JP/JP]; 〒036-8255 青森県弘前市若葉2丁目9-29 Aomori (JP). 猪飼 勝重 (IKAI, Katsushige) [JP/JP]; 〒520-3332 滋賀県甲賀郡甲南町希望ヶ丘本町9-421-45 Shiga (JP). 加藤
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書
- 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: SULFATED FUCAN

(54) 発明の名称: 硫酸化フカン

(57) Abstract: An enzyme capable of degrading sulfated fucan originating in a brown alga of *Fucales* which is useful in sugar chain engineering; a process for producing this enzyme; an oligosaccharide obtained by treating sulfated fucan with the enzyme; and production thereof.

(57) 要約:

糖鎖工学的に有用なヒバマタ目褐藻類由来硫酸化フカンを分解する酵素、該酵素の製造方法、及び硫酸化フカンに該酵素を作用させて得られるオリゴ糖及びその製造。

WO 03/062412 A1

5007 834

明 細 書

硫酸化フカン

5 技術分野

本発明は糖鎖工学分野において有用な硫酸化フカンを分解する酵素、該酵素の製造方法、並びに糖鎖工学用試薬として有用な硫酸化フカンオリゴ糖及びそれらの製造方法に関する。

10 背景技術

褐藻類には何種類もの硫酸化多糖が含まれている。これらの硫酸化多糖は硫酸化フカンあるいはフコイジンと総称されることが多いが、その構造は由来となる海藻により異なる。例えば、*Fucus vesiculosus*、ガゴメ、マコンブ、オキナワモズク、モズク、ワカメメカブそれぞれから抽出される硫酸化多糖は異なる構造を持つ（例えば、酒井武、他1名、「バイオサイエンスとインダストリー」、2002年6月、第60巻、第6号、p. 377-380参照。）。また、一般に一種の海藻から硫酸化多糖画分を調製すると、数種の分子種の硫酸化多糖が混在している。

これまでに構造が決定された硫酸化多糖の分子種としては、硫酸化フカン（例えば、国際公開第99/41288号パンフレット参照。）、硫酸化フコグルクロノマンナン（例えば、国際公開第96/34004号パンフレット、国際公開第02/086116号パンフレット参照。）、硫酸化フコガラクトン（例えば、国際公開第00/50464号パンフレット参照。）、硫酸化グルクロノフカン（例えば、国際公開第01/81560号パンフレット参照。）等が挙げられる。

25 硫酸化フカン画分には強い抗凝血活性（例えば、国際公開第99/41288号パンフレット参照。）、硫酸化フコグルクロノマンナン画分には癌細胞に対するアポトーシス誘導活性（例えば、国際公開第97/26896号パンフレット参照。）が報告されている等、硫酸化多糖は一般に何らかの生物活性を持つことが多い。そのため、硫酸化多糖を医薬品として開発する試みがなされている。

硫酸化多糖を医薬品として開発する際、その構造を決定する必要が生じるが、その硫酸化多糖を分解する酵素を用いれば構造を決定する際に非常に有利である。しかし褐藻類の硫酸化多糖を分解する酵素は市販されておらず、しかも褐藻類の硫酸化多糖は海藻の種によって異なるため、硫酸化多糖の構造を決めるにはその硫酸化多糖を特異的に分解する酵素が必要となる。

Fucus vesiculosus 由来硫酸化フカンには抗凝血作用、クラミジアの子宮表皮細胞への定着阻害作用、アレルギー反応抑制作用、移植臓器の拒絶抑制作用等を持つことが報告されている（例えば日本特許第3042543号公報参照）。これらの活性と構造の関係を解明するため *Fucus vesiculosus* や *Ascophyllum nodosum* 由来硫酸化フカンの構造が研究されているが、物理化学的な分析によりその平均的な構造が提唱されているものとして、酸加水分解により一部のオリゴ糖を調製し構造を解明したもの（Lionel Chevlot、他4名、「Carbohydrate Research」、2001年、第330巻、p. 529-535）が挙げられる。該文献には、非還元末端糖の第2位と第3位の炭素に硫酸基が結合した硫酸化フカンの構造式が開示されている。しかしながら、構造を決定したオリゴ糖画分は全体の2%程度であり、そのオリゴ糖画分は種々の分子量のオリゴ糖の混合物であり、還元性末端糖及び非還元性末端糖も一定ではない。すなわち、提唱された構造が全フコイダンの主鎖構造であることが証明されていないばかりか、生産効率も低く、構造の均一なオリゴ糖に分離することは困難である。

また、*Fucus vesiculosus* や *Ascophyllum nodosum* から硫酸化フカン画分を調製すると、数種の分子種の硫酸化多糖が混在している。一般に、目的とする生物活性を担う分子種以外の硫酸化多糖は不要であり、時には不必要な分子種が副作用を誘発させるだけの場合もある。

また、構造的に均一な *Fucus vesiculosus* や *Ascophyllum nodosum* 由来硫酸化フカンのオリゴ糖を、再現性よく調製できれば生物活性と構造の関係を解明する際非常に有用である。例えば、褐藻類由来硫酸化多糖画分に含まれる硫酸化フカン分解してオリゴ糖を生成させる酵素（例えば、国際公開第99/41288号パンフレット参照）が知られているが、

この酵素はコンブ目褐藻類の硫酸化フカンによく作用して硫酸化フカンオリゴ糖を生成させるが、*Fucus vesiculosus*や*Ascophyllum nodosum*等のヒバマタ目褐藻類の硫酸化フカンには作用しない。さらに、国際公開第96/34004号パンフレット、国際公開第02/086116号パンフレット記載の硫酸化フコグルクロノマンナンを分解する酵素、国際公開第00/50464号パンフレット記載の硫酸化フコガラクトタンを分解する酵素は、*Fucus vesiculosus*や*Ascophyllum nodosum*等のヒバマタ目褐藻類の硫酸化フカンには作用しない。

5

10 発明の目的

以上のことから、ヒバマタ目褐藻類由来硫酸化多糖画分に含まれる分子種のそれぞれを特異的に分解する酵素、酵素的に製造した構造が均一なオリゴ糖、及びそれらの製造方法が求められていた。

15

すなわち、本発明の目的は、糖鎖工学的に有用なヒバマタ目褐藻類由来硫酸化フカンを分解する酵素、該酵素の製造方法、及び硫酸化フカンに該酵素を作用させて得られるオリゴ糖及びその製造方法を提供することにある。

発明の概要

20

本発明者らは鋭意研究の結果、フコフィラス属に属する細菌の1菌株、フコフィラス フコイダノリイティカス (*Fucophilus fcoidanolyticus*) SI-1234が、新規な硫酸化フカン分解酵素を生産することを見出し、該酵素の製造方法を見出した。また、該酵素を利用してヒバマタ目褐藻類由来硫酸化多糖画分から構造の均一な新規な硫酸化フカンオリゴ糖を製造できることを見出し、本発明を完成させた。

25

すなわち、本発明の第1の発明は、フコフィラス属細菌の培養物から得られた硫酸化フカン分解酵素に関する。

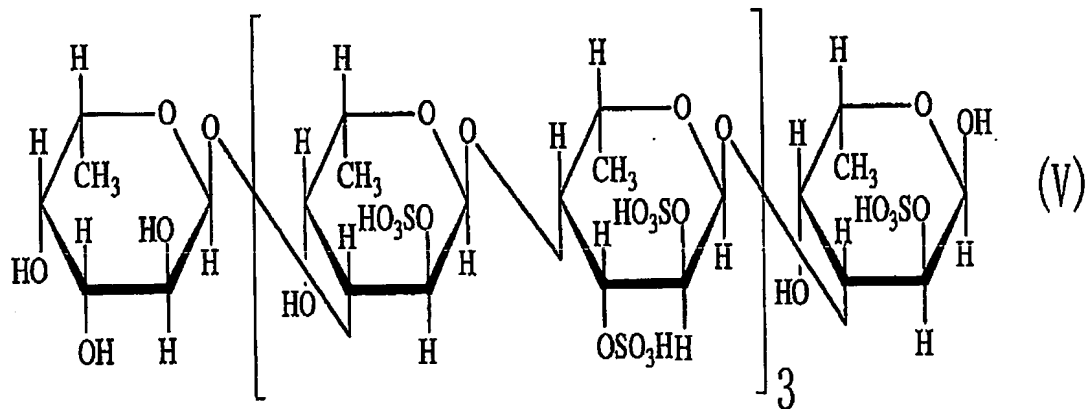
本発明の第1の発明において、該酵素は、硫酸化フカン分解酵素生産能を有するフコフィラス属細菌を培養し、その培養物から採取することができる。

本発明の第1の発明において、硫酸化フカン分解酵素は特に限定はされないが

例えば、エンド型 α - (1-4) L-フコシダーゼ、エキソ型 L-フコシダーゼ、硫酸化フカン低分子化酵素 A、硫酸化フカンデアセチラーゼおよびそれらの任意の組み合わせが含まれる。

エンド型 α - (1-4) L-フコシダーゼとしては、下記の理化学的性質を有するものが例示される：

(I) 下記式 (V) で表される硫酸化フカンオリゴ糖に作用して、 α - (1-4) L-フコシル結合をエンド的に切断する；



10 (I I) 約 6 ~ 8 の範囲に至適 pH を有する；

(I I I) 約 10 ~ 40 °C に至適温度を有する；

(I V) 分子量：ゲルろ過法にて測定した場合、約 11 万 ~ 13 万である。

エキソ型 L-フコシダーゼは、下記の理化学的性質を有することを特徴とする：

15 (I) 硫酸化フカンに作用して、L-フコース残基をエキソ的に切断する；

硫酸化フカン低分子化酵素 A の理化学的性質は以下の通りである。

(I) 作用：硫酸化フカンに作用して、硫酸基を切断し、硫酸を遊離する（硫酸化フカンスルファターゼ）。硫酸化フカンの低分子化を促進する。

硫酸化フカンデアセチラーゼの理化学的性質は以下の通りである。

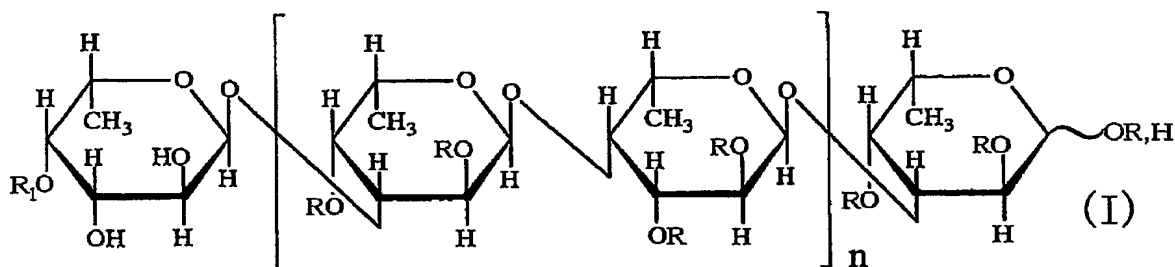
20 (I) 作用：硫酸化フカンに作用して、酢酸を遊離する。硫酸化フカンの低分子

化を促進する。

本発明の第2の発明は、褐藻類由来硫酸化多糖に本発明の第1の発明の硫酸化フカン分解酵素を作用させて得られる硫酸化フカンオリゴ糖に関する。

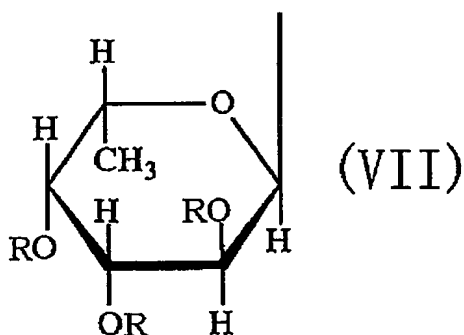
5 本発明の第2の発明の硫酸化フカンオリゴ糖は、褐藻類由来硫酸化多糖に本発明の第1の発明の硫酸化フカン分解酵素を作用させて取得することを特徴とする硫酸化フカンオリゴ糖の製造方法によって調製することができる。

本発明の第3の発明は、下記一般式(I)で表される糖化合物又はその塩に関する。



10

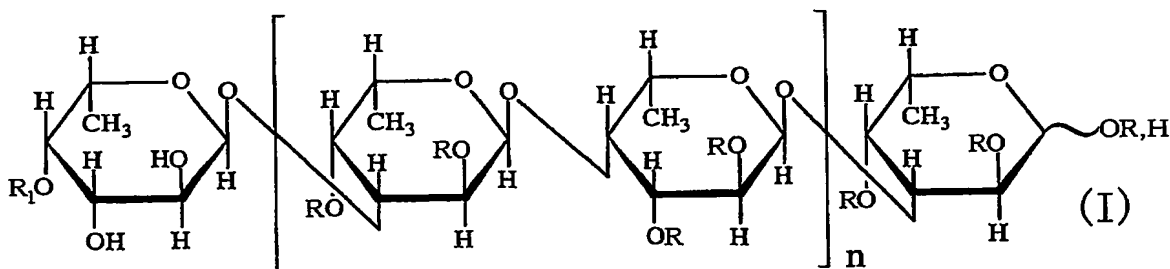
(式中、RはH又はSO₃H又はCH₃CO又は下記一般式(VII)であり、R₁はH又はSO₃H又はCH₃COである。R、R₁のうち少なくとも1つはSO₃Hである。nは1以上の整数である。)



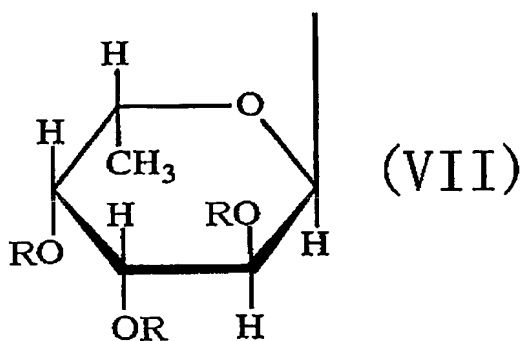
15

(式中、RはH又はSO₃H又はCH₃COである。)

本発明の第4の発明は、下記一般式(I)で表される硫酸化フカンオリゴ糖又はその塩に関する。

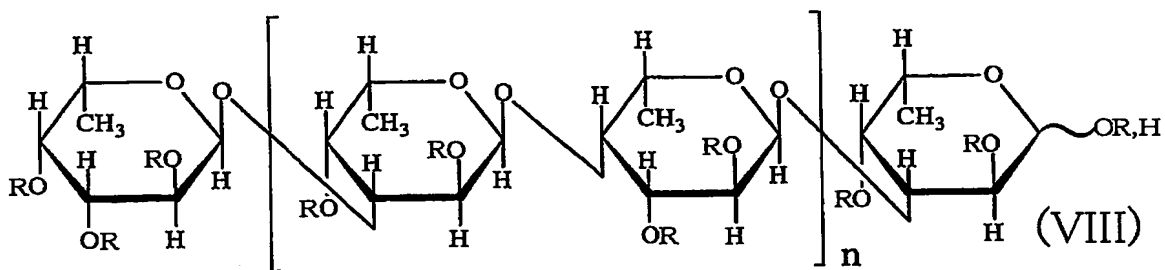


(式中、RはH又はSO₃H又はCH₃CO又は下記一般式(VII)であり、R₁はH又はSO₃H又はCH₃COである。R、R₁のうち少なくとも1つはSO₃Hである。nは1~4の整数である。)



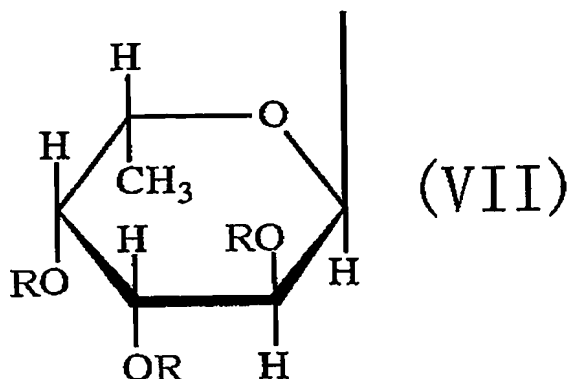
(式中、RはH又はSO₃H又はCH₃COである。)

本発明の第5の発明は、本発明の第1の発明の硫酸化フカン分解酵素をヒバマタ目褐藻類由来硫酸化多糖に作用させて下記一般式(VIII)で表される硫酸化フカンオリゴ糖を製造する製造方法に関する。



(式中、RはH又はSO₃H又はCH₃CO又は下記一般式(VII)であり、

Rのうち少なくとも1つはSO₃Hである。nは1以上の整数である。)



(式中、RはH又はSO₃H又はCH₃COである)。

5

図面の簡単な説明

図1：本発明により得られる硫酸化フカン分解酵素のpHと相対活性(%)の関係を表すグラフである。

図2：本発明により得られる硫酸化フカン分解酵素の温度(°C)と相対活性(%)の関係を表すグラフである。

図3：本発明により得られる硫酸化フカンオリゴ糖1-(1)の¹H-NMRスペクトルを示す図である。

図4：本発明により得られる硫酸化フカンオリゴ糖1-(1)の¹³C-NMRスペクトルを示す図である。

図5：本発明により得られる硫酸化フカンオリゴ糖1-(1)の質量分析(マス)スペクトルを示す図である。

図6：本発明により得られる硫酸化フカンオリゴ糖1-(2)の¹H-NMRスペクトルを示す図である。

図7：本発明により得られる硫酸化フカンオリゴ糖1-(2)の¹³C-NMRスペクトルを示す図である。

図8：本発明により得られる硫酸化フカンオリゴ糖1-(2)の質量分析(マス)スペクトルを示す図である。

20

図9：本発明により得られる硫酸化フカンオリゴ糖1-(3)の $^1\text{H-NMR}$ スペクトルを示す図である。

図10：本発明により得られる硫酸化フカンオリゴ糖1-(3)の $^{13}\text{C-NMR}$ スペクトルを示す図である。

5 図11：本発明により得られる硫酸化フカンオリゴ糖1-(3)の質量分析(マス)スペクトルを示す図である。

図12：本発明により得られる硫酸化フカンオリゴ糖1-(4)の $^1\text{H-NMR}$ スペクトルを示す図である。

10 図13：本発明により得られる硫酸化フカンオリゴ糖1-(4)の $^{13}\text{C-NMR}$ スペクトルを示す図である。

図14：本発明により得られる硫酸化フカンオリゴ糖1-(4)の質量分析(マス)スペクトルを示す図である。

図15：本発明により得られる硫酸化フカンオリゴ糖1-(5)の $^1\text{H-NMR}$ スペクトルを示す図である。

15 図16：本発明により得られる硫酸化フカンオリゴ糖1-(5)の $^{13}\text{C-NMR}$ スペクトルを示す図である。

図17：本発明により得られる硫酸化フカンオリゴ糖1-(5)の質量分析(マス)スペクトルを示す図である。

20 図18：本発明により得られるエンド型 α -(1-4) L-フコシダーゼのpHと相対活性(%)の関係を表すグラフである。

図19：本発明により得られるエンド型 α -(1-4) L-フコシダーゼの温度($^{\circ}\text{C}$)と相対活性(%)の関係を表すグラフである。

発明の詳細な説明

25 以下本発明に関して具体的に説明する。

本発明の糖化合物を得るための原料としては、特に限定されるものではないが、例えば、*Fucus vesiculosus*、*Ascophyllum nodosum*等ヒバマタ目の褐藻類由来の硫酸化フカンが使用できる。該ヒバマタ目褐藻類は本発明の糖化合物の生産効率がよく原料として好適である。

本発明の硫酸化フカン分解酵素とは、褐藻類由来硫酸化フカンに作用して還元性末端にフコースを持つオリゴ糖を生成させる酵素である。

本発明の硫酸化フカン由来オリゴ糖は、硫酸化フカンに本発明の硫酸化フカン分解酵素を作用させて得られるオリゴ糖で、還元性末端糖がフコースである。

5 本発明で使用する硫酸化フカンを製造する際にはまず、褐藻類を水性溶媒で抽出し、硫酸化多糖画分を得る。その際硫酸化フカンの低分子化を防ぐためには、pHは4～9、温度は100℃以下が好ましい。また、上記硫酸化多糖画分中のアミノ酸や低分子性の色素等は限外ろ過で効率良く除去できる。疎水性物質の除去には活性炭処理等も有効である。

10 このようにして褐藻類の硫酸化多糖画分を得ることができる。該硫酸化多糖画分、硫酸化フカンを含む画分である硫酸化フカン画分、硫酸化フカンのいずれもが本発明の硫酸化フカン分解酵素の基質として使用できる。該画分を陰イオン交換カラムで分離すればより純度の高い硫酸化フカンを得られる。上記の硫酸化多糖画分も陰イオン交換カラムで精製した硫酸化フカンとともに本発明の硫酸化フカン分解酵素を精製する際の活性測定用基質、及び硫酸化フカンオリゴ糖製造時の原料として使用できる。

15 本発明の硫酸化フカン分解酵素の製造に使用される細菌としては、硫酸化フカン分解酵素を生産する細菌であれば特に限定はないが例えば、フコフィラス フコイダノリティカス (*Fucophilus fucoidanolyticus*) SI-1234株が挙げられる。

20 なお、上記のフコフィラス フコイダノリティカスSI-1234株はナマコの腸内より本発明者らが新たに検索して得た細菌で、その菌学的性質は次のとおりである。

a. 形態的性質

25 本菌は直径1.2～1.6μmの球菌である。

胞子の有無 なし

グラム染色性 陰性

b. 生理的性質

(1) 生育温度 25℃で生育する。

- (2) 酸素に対する態度 好気性
 (3) カタラーゼ 陽性
 (4) オキシダーゼ 陰性
 (5) 塩類要求性
- 5 0%食塩培地での生育 陰性
 1%食塩培地での生育 陰性
 海水培地での生育 陽性
- (6) キノン系 メナキノン7
 (7) 菌体内DNAのGC含量 52%
- 10 (8) OF-テスト 酸を生成しない
 (9) 集落の色調 特徴的な集落色素を生成せず
 (10) 運動性 陰性
 (11) 滑走性 陰性
 (12) 鞭毛 なし
- 15 本菌株は、バーギーズ マニュアル オブ ディターミネイティブ バクテリ
 オロジー (Bergey's Manual of Determinative Bacteriology)、第9巻 (1994) に記載の基本分類によ
 ればグループ4 (グラム陰性好気性桿菌及び球菌) に分類される。しかし本菌株
 は、電子伝達鎖にメナキノン7を有し、GC含量が52%という点でグループ4
 20 に属する菌と大いに異なる。
- そこで、本菌株の16S rRNAをコードするDNAの塩基配列を決定し、
 既知の細菌と相同性を比較したところ16S rRNAをコードするDNAの全
 域 (約1500塩基) にわたって相同性の高い既知菌株は存在しなかった。16
 S rRNAをコードするDNAの全配列の相同性が90%以下の場合、両細菌
 25 の属が同じであることはない。一方DNAデータベースに登録されている16S
 rRNAをコードするDNAの配列をもとに、系統樹を作成したところ、本菌株
 と類縁の細菌は総てVerrucomicrobiaに属するものであった。そ
 こで、本発明者らは、遺伝子的分類において本菌株はVerrucomicro
 b i aの新属の細菌であると断定し、フコフィラス フコイダノリティカス S

I-1234と命名した。

なお、上記菌株は*Fucophilus fucoidanolyticus* SI-1234と表示され、日本国茨城県つくば市東1丁目1番地1 中央第6（郵便番号305-8566）独立行政法人産業技術総合研究所特許生物寄託センターにFERM P-17517
5 として平成11年8月18日（原寄託日）より寄託され、ブダペスト条約に基づき上記独立行政法人産業技術総合研究所特許生物寄託センターにFERM BP-7495として平成13年3月7日（移管日）より寄託されている。

本菌株の16S rRNAをコードするDNAの配列を配列表の配列番号1に記載する。従って、16S rRNAをコードするDNAの配列より、フコフィ
10 ラス フコイダノリティカス SI-1234と同属と判断される細菌から得られた硫酸化フカン分解酵素も本発明の硫酸化フカン分解酵素に含まれる。すなわち、菌学的にフコフィラス フコイダノリティカス SI-1234と同属と判断される細菌に加え、その16S rRNAをコードするDNAの配列がフコフィ
15 ラス フコイダノリティカス SI-1234と同属と判定できる細菌はフコフィラス属細菌であると判断される。

本発明の硫酸化フカン分解酵素を生産する細菌を培養するにあたり、培地に加える栄養源は使用する微生物が利用し、該酵素を生産するものであればよく、炭
20 素源としては、例えば、硫酸化フカン、*Fucus vesiculosus*や*Ascophyllum nodosum*等の海藻、アルギン酸、ラミナラン、フコース、グルコース、マンニトール、グリセロール、サッカロース、マルトース、デンプン等が利用でき、窒素源としては、酵母エキス、ペプトン、カザミノ酸、コーンステープリカー、肉エキス、脱脂大豆、硫安、塩化アンモニウム、尿素、尿酸等が適当である。その他にナトリウム、カリウム、マグネシウム、カルシウ
25 ム、亜鉛等の塩化物、リン酸塩、硫酸塩等を加えてもよい。なお、一般に海水から採取した微生物は、海水あるいは市販の人工海水中で極めて生育し易い。

また、培養条件は使用する微生物、培地組成等に応じ、本発明の硫酸化フカン分解酵素の生産量が最大になるように設定するが、一般に培養温度は15～30℃、培地のpHは5～9がよく、5～72時間の通気攪拌培養で本発明の硫酸化フカン分解酵素の生産量は最高に達する。培養終了後、遠心分離で菌体と培養

上清に分画し、それぞれから本発明の硫酸化フカン分解酵素を得ることができる。

上記のフコフィラス フコイダノリィティカス S I - 1 2 3 4 を適当な培地で培養し、その菌体を集め、通常の細胞破碎手段、例えば超音波処理で菌体を破碎すると無細胞抽出液が得られる。次いでこの抽出液から通常の精製手段により、

5 硫酸化フカン分解酵素を精製することもできる。例えば、塩析、イオン交換カラムクロマト、疎水カラムクロマト、ゲルろ過等により精製した本発明の硫酸化フカン分解酵素を得られる。また、上述の培養上清中にも本発明の硫酸化フカン分解酵素が存在するので、菌体内酵素と同様の精製手段で精製できる。本発明の硫酸化フカン分解酵素は、少なくとも以下の4種類の酵素、エンド型 α - (1 -

10 4) L - フコシダーゼ、エキソ型L - フコシダーゼ、硫酸化フカン低分子化酵素A、硫酸化フカンデアセチラーゼを含む。

本発明の硫酸化フカン分解酵素の理化学的性質は以下の通りである。

(I) 作用：硫酸化フカンに作用して、フコースを還元性末端に持つオリゴ糖を生成させる。

15 (I I) 至適pH：本酵素の至適pHは7. 0 ~ 8. 5 付近にある(図1)。

すなわち図1は本酵素の反応時のpHと相対活性の関係を表すグラフであり、縦軸は相対活性(%)、横軸はpHを示す。

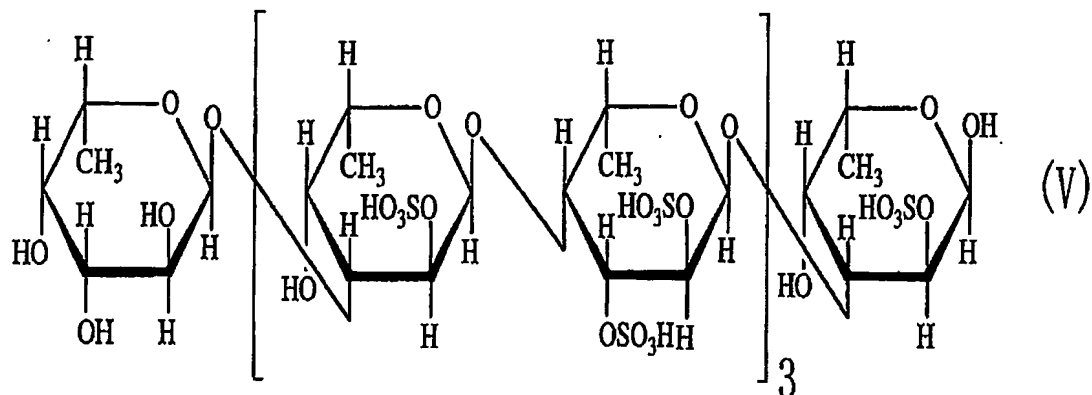
(I I I) 至適温度：本酵素の至適温度は約30 ~ 40°C 付近にある(図2)。

すなわち、図2は本酵素の反応時の温度と相対活性の関係を表すグラフであり、

20 縦軸は相対活性(%)、横軸は温度(°C)を示す。

本発明の硫酸化フカン分解酵素の一例であるエンド型 α - (1 - 4) L - フコシダーゼの理化学的性質は以下の通りである。

(I) 下記式(V)で表される硫酸化フカンオリゴ糖に作用して、 α - (1 - 4) L - フコシル結合をエンド的に切断する；



(I I) 至適 pH : 本酵素の至適 pH は 6 ~ 8 付近にある (図 1 8)。

すなわち図 1 8 は本酵素の反応時の pH と相対活性の関係を表すグラフであり、
5 縦軸は相対活性 (%)、横軸は pH を示す。

(I I I) 至適温度 : 本酵素の至適温度は約 1 0 ~ 4 0 °C 付近にある (図 1 9)。

すなわち、図 1 8 は本酵素の反応時の温度と相対活性の関係を表すグラフであり、縦軸は相対活性 (%)、横軸は温度 (°C) を示す。

(I V)) 分子量 : ゲルろ過法にて測定した場合、約 1 1 万 ~ 1 3 万である。

10 本発明の硫酸化フカン分解酵素の一例であるエキソ型 L-フコシダーゼの理化学的性質は以下の通りである。

(I) 作用 : 硫酸化フカンに作用して、L-フコース残基をエキソ的に切断する。

本発明の硫酸化フカン分解酵素の一例である硫酸化フカン低分子化酵素 A の理化学的性質は以下の通りである。

15 (I) 作用 : 硫酸化フカンに作用して、硫酸基を切断し、硫酸を遊離する (硫酸化フカンスルファターゼ)。硫酸化フカンの低分子化を促進する。

本発明の硫酸化フカン分解酵素の一例である硫酸化フカンデアセチラーゼの理化学的性質は以下の通りである。

20 (I) 作用 : 硫酸化フカンに作用して、酢酸を遊離する。硫酸化フカンの低分子化を促進する。

本発明の硫酸化フカン分解酵素は、硫酸化フカン分解活性を測定して確認でき、生産菌の無細胞抽出液でも、各種カラムクロマトで精製後の酵素溶液でも確認できる。

5 フコフィラス フコイダノリティカス S I - 1 2 3 4 株は硫酸化フカンを資化する微生物であり、硫酸化フカンを分解するために菌体内及び菌体外に本発明の硫酸化フカン分解酵素を生産する。

10 本発明の硫酸化フカンオリゴ糖は、本発明の硫酸化フカン分解酵素を硫酸化フカン、若しくは硫酸化フカン含有物に作用させて調製できる。硫酸化フカン含有物としては、例えば硫酸化フカンの部分精製品、褐藻類由来硫酸化多糖画分、褐藻類の水溶性抽出物、若しくは褐藻類藻体が好適に使用できる。

15 本発明の硫酸化フカンオリゴ糖を調製する際、硫酸化フカン、若しくは硫酸化フカン含有物の溶解は定法で行えばよく、溶解液中の硫酸化フカン、若しくは硫酸化フカン含有物はその最高溶解濃度でもよいが、通常はその操作性、反応に使用する本発明の硫酸化フカン分解酵素の量等を考慮して選定すればよい。硫酸化フカンの溶解液としては、水、緩衝液等より目的に応じて選択すればよい。溶解液の pH は通常中性付近で、酵素反応は通常 30℃ 付近で行う。反応に使用する本発明の硫酸化フカン分解酵素の使用量、反応液の組成、反応時間等の調整により、硫酸化フカンオリゴ糖の分子量を調整できる。この様にして得られた本発明の硫酸化フカンオリゴ糖を分子量分画あるいは陰イオン交換カラムで分画して、
20 更に均一な分子量の本発明の硫酸化フカンオリゴ糖を調製できる。分子量分画は定法、例えばゲルろ過法や限外ろ過法を使用すればよい。低分子化合物は、必要に応じて更にイオン交換樹脂処理、活性炭処理等の精製操作を行ってもよく、必要に応じて脱塩処理、無菌処理、凍結乾燥処理もできる。これらの方法で、後述のごとく、NMR 分析で構造決定可能な均一な構造の本発明の硫酸化フカンオリゴ糖を得られる。
25

本発明の硫酸化フカンオリゴ糖は、硫酸基を分子中に有しており、該基は種々の塩基と反応し、塩を形成する。本発明の硫酸化フカンオリゴ糖は、塩になった状態が安定であり、通常ナトリウム及び／又はカリウム及び／又はカルシウム等の塩の形態で提供される。これらの物質の塩はダウエックス 50W 等の陽イオン

交換樹脂を利用して遊離の本発明の硫酸化フカンオリゴ糖に導ける。また、これらは、必要に応じ公知慣用の塩交換を行い所望の種々の塩に交換できる。

本発明の硫酸化フカンオリゴ糖は、薬学的に許容される塩、例えばナトリウム、カリウム等のアルカリ金属、カルシウム、マグネシウム、亜鉛等のアルカリ土類金属、アンモニア等の塩とすることができる。

本発明の糖化合物、硫酸化フカンオリゴ糖は、その非還元末端糖の第2位、第3位の炭素に水酸基が結合しているのが特徴である。さらに、本発明の糖化合物、硫酸化フカンオリゴ糖においては、アセチル基、フコシル基が結合していてもよい。

本発明の硫酸化フカン分解酵素は硫酸化フカンを低分子化するため硫酸化フカンの構造解析に使用できる。また、本発明の硫酸化フカンオリゴ糖は糖鎖工学用試薬として使用できる。例えば、特公平5-65108号公報記載の方法により2-アミノピリジル化(PA化)を行い、後述のごとく該オリゴ糖のPA化物を調製すれば、種々の硫酸化フカン分解酵素の基質として使用できるなど糖鎖工学用試薬として極めて有用な物質を提供できる。また、本発明の硫酸化フカンオリゴ糖を抗原として、抗体を作製することができ、該抗体は硫酸化多糖の構造の特定に使用できる。

実施例

以下に本発明を実施例をもって具体的に示すが、本発明は以下の実施例の範囲のみに限定されるものではない。

参考例1 Fucus vesiculosus由来硫酸化多糖画分の調製

乾燥したFucus vesiculosus藻体を粉碎し、その1kgを10リットルの80%エタノールに懸濁し、25℃で3時間攪拌後ろ過、洗浄し残さを得た。その残さを30リットルの100mM塩化ナトリウムを含む30mMリン酸緩衝液(pH6.5)中に懸濁し、95℃で2時間処理後、30℃に冷却し、100gの活性炭、3000Uのアルギン酸リアーゼ(ナガセ生化学工業製)、及び3.75リットルのエタノールを添加し24時間攪拌後、遠心分離して上清を得た。その上清を排除分子量10万のホロファイバーを装着させた限外ろ過機で4リットルに濃縮後、100mM塩化ナトリウムで溶媒を置換した。この溶液を4℃

まで冷却し、0.5 N 塩酸でpHを2.0とし、生じた沈殿を遠心分離で除去し、上清を得た。その上清のpHを1 N 水酸化ナトリウムで8.0とし、上記の限外ろ過機で2リットルに濃縮後、20 mM 塩化ナトリウムで溶媒を置換し、遠心分離で不溶物を除去後、凍結乾燥して80 gのFucus vesiculosus由来硫酸化多糖画分を得た。

参考例2 Ascophyllum nodosum由来硫酸化多糖画分の調製

市販のAscophyllum nodosum粉末1 kgから、参考例1の方法で100 gのAscophyllum nodosum由来硫酸化多糖画分を得た。

参考例3 ガゴメコンブ由来硫酸化多糖画分の調製

市販の乾燥ガゴメコンブをカッターミル（増幸産業製）で破碎してチップとし、1 kgのチップから、参考例1の方法で38 gのガゴメコンブ由来硫酸化多糖画分を得た。

参考例4 Fucus vesiculosus由来硫酸化フカン画分の調製

7 gの参考例1記載のFucus vesiculosus由来硫酸化多糖画分を700 mlの100 mM 塩化ナトリウムを含む20 mM イミダゾール塩酸緩衝液（pH 6.0）に溶解し、同緩衝液で平衡化させた5リットルのDEAE-セルロファインA-800にかけた。試料を流した後、10リットルの同緩衝液で洗浄し、100~1600 mMの塩化ナトリウム濃度勾配で溶出させ、分取（500 ml）した。各画分に含まれる総糖量をフェノール硫酸法で、総ウロン酸量をカルバゾール硫酸法で測定した。溶出塩化ナトリウム濃度700~800 mMの画分を、限外ろ過（排除分子量10万）で濃縮、脱塩後凍結乾燥し、1.0 gのFucus vesiculosus由来硫酸化フカン画分を得た。

参考例5 Ascophyllum nodosum由来硫酸化フカン画分の調製

7 gの参考例2記載のAscophyllum nodosum由来硫酸化多糖画分から、参考例4の方法で1.1 gのAscophyllum nodosum由来硫酸化フカン画分を得た。

参考例6 硫酸化フカン分解酵素活性測定方法

本発明の硫酸化フカン分解酵素は硫酸化フカンに作用して硫酸化フカンを低分子化させる。これを利用して下記の方法で硫酸化フカン分解酵素の活性を測定した。また、本発明の硫酸化フカン分解酵素はFucus vesiculosus及びAscophyllum

nodosum由来硫酸化フカンに作用するが、活性測定にはFucus vesiculosus由来硫酸化フカンを基質に用いた。

すなわち、2.5%の濃度になるように溶解した参考例4記載のFucus vesiculosus由来硫酸化フカン画分溶液4.8 μ l、60 μ lの50mM イミダゾール塩酸緩衝液(pH7.8)、6 μ lの1M 塩化カルシウム、9 μ lの4M 塩化ナトリウム、28.2 μ lの水、及び12 μ lの本発明の硫酸化フカン分解酵素とを混合し、30 $^{\circ}$ Cで3時間反応させた後、反応液を100 $^{\circ}$ Cで10分間処理し、HPLCで分析した。対照として、本発明の硫酸化フカン分解酵素の代わりに、その酵素溶液の溶媒を用いて反応させたもの及び硫酸化フカン画分の代わりに水を用いて反応させたものを同様に分析した。HPLCの分析は下記の様に行った。

カラム Shodex SB-806HQ

カラム温度 25 $^{\circ}$ C

15 溶離液 5mM アジ化ナトリウムを含む50mM 塩化ナトリウム

流速 1ml/分

検出 示差屈折率検出器

1単位の硫酸化フカン分解酵素活性は上記反応系において1分間に1 μ molのフコシル結合を切断する酵素量とした。切断したフコシル結合の量は下記式により求めた。

$$F d \times (S m / P m - 1) / (S m \times 180 \times 0.01) = U / m l$$

F d : 反応に用いた硫酸化フカン量 (μ g)

25 S m : 基質硫酸化フカンの平均分子量

P m : 反応後の硫酸化フカンの平均分子量

180:反応時間 (分)

0.01:酵素液量 (ml)

また、タンパク質の定量は、酵素液の280nmの吸光度を測定することによ

り行い、その際1mg/mlのタンパク質溶液の吸光度を1.0として計算した。

実施例1 硫酸化フカン分解酵素の調製

5 フコフィラス フコイダノリイティカス (*Fucophilus fcoida-*
nolyticus) SI-1234を、参考例1に記載の*Fucus*
*vesiculosus*由来硫酸化多糖画分0.2%とペプトン1%を含む人工海水(ジャ
マリンラボラトリー製) pH8.0からなる培地600mlを120℃、20分
間オートクレーブ処理した培地に接種し、24℃で72時間培養して種培養液と
した。参考例1に記載の*Fucus vesiculosus*由来硫酸化多糖画分0.2%、ペプ
10 トン1%、及び消泡剤(KM70、信越化学工業製)を含む人工海水(ジャマ
リンラボラトリー製) pH8.0からなる培地20リットルを30リットルのジャ
ーファーマンターに入れ、120℃、20分間オートクレーブ処理した培地に、
上記の種培養液を接種し、毎分125回転の回転速度で、24℃で48時間培養
した。培養終了後、培養液を遠心分離して菌体及び培養上清を得た。

15 この菌体を700mlの250mM 塩化ナトリウムと10mM 塩化カルシ
ウムを含む10mM イミダゾール-塩酸緩衝液(pH7.0)に懸濁し、超音
波破碎後、遠心分離して上清を得た。この上清を同じ緩衝液で充分透析し、遠心
分離して上清、すなわち、本発明の硫酸化フカン分解酵素粗酵素溶液を得た。

20 なお、上記の培養上清と粗酵素溶液に含まれる、硫酸化フカン分解酵素活性を
参考例6記載の方法で測定した結果、培養液上清には培地1mlあたり0.05
mU、菌体抽出液には培地1mlあたり0.05mUの活性が検出された。

25 上記の硫酸化フカン分解酵素粗酵素溶液を限外ろ過により溶媒を10mM 塩
化カルシウム、30mM 塩化ナトリウム、5mM アジ化ナトリウムを含む1
0mMのイミダゾール-塩酸緩衝液(pH7.0)に交換し、同緩衝液で平衡化
させた500mlのDEAE-セルロファインA-800にかけた。すなわち、
酵素溶液を添加後、上記緩衝液で充分洗浄し、30mMから350mMの塩化ナ
トリウムの濃度勾配により溶出させた。分取は1本あたり51mlとした。

各フラクションの硫酸化フカン分解酵素活性を測定し、活性画分のうち、塩化
ナトリウム濃度60~140mMで溶出された画分をDEAE-1画分、塩化ナ
トリウム濃度140~230mMで溶出された画分をDEAE-2画分とした。

上記のDEAE-1画分を10mM 塩化カルシウム、100mM 塩化ナトリウム、5mM アジ化ナトリウムを含む10mMのイミダゾール-塩酸緩衝液(pH7.0)で平衡化させた200mlの硫酸化セルロファイン(生化学工業)にかけた。すなわち、酵素溶液を添加後、上記緩衝液で充分洗浄し、100mMから600mMの塩化ナトリウムの濃度勾配により溶出させた。分取は1本あたり20mlとした。

各フラクションの硫酸化フカン分解酵素活性を測定し、活性画分のうち、塩化ナトリウム濃度290~370mMで溶出された画分をDEAE-1S画分とした。

10 上記のDEAE-2画分を10mM塩化カルシウム、200mM 塩化ナトリウム、5mM アジ化ナトリウムを含む10mMのイミダゾール-塩酸緩衝液(pH7.0)で平衡化させた200mlの硫酸化セルロファイン(生化学工業)にかけた。すなわち、酵素溶液を添加後、上記緩衝液で充分洗浄し、200mMから1500mMの塩化ナトリウムの濃度勾配により溶出させた。分取は1本あたり20mlとした。

15 各フラクションの硫酸化フカン分解酵素活性を測定し、活性画分のうち、塩化ナトリウム濃度240~350mMで溶出された画分をDEAE-2S画分とした。

20 実施例2 硫酸化フカン分解酵素粗酵素溶液を用いた硫酸化フカンオリゴ糖の調製、精製、及び構造解析

(1) 基質の調製

乾燥したFucus vesiculosus藻体60gを粉碎し、1リットルの80%エタノールに懸濁し、2時間攪拌後、ろ過し、残さを充分洗浄した。得られた残さに対して上記の洗浄工程をさらに2回行い、洗浄残さを得た。この洗浄残さに4リットルの50mM 塩化カルシウム、400mMの塩化ナトリウム、及び10%エタノールを含む20mMのイミダゾール-塩酸緩衝液(pH7.0)に懸濁後、24時間攪拌し、遠心分離によりFucus vesiculosus抽出液を得た。

得られたFucus vesiculosus抽出液に上記の抽出用緩衝液を加えながら、排除分子量10万のホロファイバーを装着させた限外ろ過機により限外ろ過し、低分

子物質を除去した。最終的に320mlとし、遠心分離により沈殿を除去した。こうして、Fucus vesiculosus高分子画分を得た。

(2) 硫酸化フカンオリゴ糖の調製

実施例2-(1)記載のFucus vesiculosus高分子画分全量に実施例1記載の
5 DEAE-1S画分(硫酸化フカン分解酵素活性として1.78mU)及びDE
AE-2S画分(硫酸化フカン分解酵素活性として1.97mU)を混合し、2
5℃で5日間反応させた後、実施例1記載のDEAE-1S画分(硫酸化フカン
分解酵素活性として1.54mU)及びDEAE-2S画分(硫酸化フカン分解
酵素活性として1.70mU)を混合し、25℃で13日間反応させた。

10 反応液を排除分子量1万のホロファイバーを装着させた限外ろ過装置にかけ、
分子量1万以下のオリゴ糖画分を回収し、硫酸化フカンオリゴ糖混合物1とした。

(3) 硫酸化フカンオリゴ糖の精製

15 実施例2-(2)で得られた硫酸化フカンオリゴ糖混合物1に水を加え、10
mMとなるようにイミダゾールを、10mMとなるように塩化ナトリウムを添加
し、10mM塩化ナトリウムを含む10mM イミダゾール-塩酸緩衝液(pH
6.0)で平衡化した500mlのDEAE-セルロファインA-800のカラ
ムにかけ、1リットルの同じ緩衝液で洗浄後、10~1200mMの塩化ナトリ
ウム濃度勾配で溶出させ、1本あたり50mlで分取した。各フラクションの総
糖量をフェノール-硫酸法で測定した。その結果、5種のピークが存在していた
20 のでそれぞれのピーク部分を集めオリゴ糖1-(1)から1-(5)画分とした。

オリゴ糖1-(1)~1-(3)画分をそれぞれ、エバポレーターで40ml
に濃縮後、10%エタノールで平衡化させたセルロファインGCL-25のカラ
ム(4.1×90.5cm)にかけ、10%エタノールで溶出して脱塩した。
オリゴ糖1-(1)及び1-(2)はそのまま凍結乾燥により乾固した。こうし
25 て15mg及び75mgの本発明の硫酸化フカンオリゴ糖1-(1)及び1-
(2)を得た。

脱塩したオリゴ糖1-(3)画分を集め、10mMとなるようにイミダゾール
を、200mMとなるように塩化ナトリウムを加え、pHを6とした。このオリ
ゴ糖溶液を200mM 塩化ナトリウムを含む10mM イミダゾール-塩酸緩

衝液 (pH 6.0) で平衡化した 100 ml の DEAE-セルロファイン A-800 のカラムにかけ、300 ml の同じ緩衝液で洗浄後、200~700 mM の塩化ナトリウム濃度勾配で溶出させ、1本あたり 10 ml で分取した。各フラクションの総糖量をフェノール-硫酸法で測定した。その結果、溶出塩濃度 430 mM から 480 mM の画分に分子量が均一なオリゴ糖が存在していたのでその画分を集めた。この画分をエバポレーターで 40 ml に濃縮後、10% エタノールで平衡化させたセルロファイン GCL-25 のカラム (4.1 × 90.5 cm) にかけ、10% エタノールで溶出して脱塩した。脱塩したオリゴ糖溶液を凍結乾燥により乾固した。こうして 35 mg の本発明の硫酸化フカンオリゴ糖 1-

5

10 (3) を得た。

オリゴ糖 1- (4) 画分に水を加え、300 mM の塩化ナトリウムを含む 10 mM イミダゾール-塩酸緩衝液 (pH 6) と導電率を同じにした。このオリゴ糖溶液を 300 mM 塩化ナトリウムを含む 10 mM イミダゾール-塩酸緩衝液 (pH 6.0) で平衡化した 50 ml の DEAE-セルロファイン A-800 のカラムにかけ、100 ml の同じ緩衝液で洗浄後、300~800 mM の塩化ナトリウム濃度勾配で溶出させ、1本あたり 4.9 ml で分取した。各フラクションの総糖量をフェノール-硫酸法で測定した。その結果、溶出塩濃度 450 mM から 630 mM の画分に分子量が均一なオリゴ糖が存在していたのでその画分を集めた。この画分をエバポレーターで 40 ml に濃縮後、10% エタノールで平衡化させたセルロファイン GCL-25 のカラム (4.1 × 90.5 cm) にかけ、10% エタノールで溶出して脱塩した。脱塩したオリゴ糖溶液を凍結乾燥により乾固した。こうして 112 mg の本発明の硫酸化フカンオリゴ糖 1-

15

20 (4) を得た。

オリゴ糖 1- (5) 画分に水を加え、400 mM の塩化ナトリウムを含む 10 mM イミダゾール-塩酸緩衝液 (pH 6) と導電率を同じにした。このオリゴ糖溶液を 400 mM 塩化ナトリウムを含む 10 mM イミダゾール-塩酸緩衝液 (pH 6.0) で平衡化した 100 ml の DEAE-セルロファイン A-800 のカラムにかけ、200 ml の同じ緩衝液で洗浄後、400~900 mM の塩化ナトリウム濃度勾配で溶出させ、1本あたり 10 ml で分取した。各フラクションの

25

総糖量をフェノール-硫酸法で測定した。その結果、溶出塩濃度 640 mM から 700 mM の画分に分子量が均一なオリゴ糖が存在していたのでその画分を集めた。この画分をエバポレーターで 40 ml に濃縮後、10% エタノールで平衡化させたセルロファイブ GCL-25 のカラム (4.1 × 90.5 cm) にかけて、
5 10% エタノールで溶出して脱塩した。脱塩したオリゴ糖溶液を凍結乾燥により乾固した。こうして 44 mg の本発明の硫酸化フカンオリゴ糖 1-(5) を得た。

(4) 構造解析

実施例 2-(3) で得られた本発明の硫酸化フカンオリゴ糖 1-(1) ~

(5) を 2-アミノピリジンで蛍光標識し、還元末端糖及び糖組成の分析を行ったところ、本発明の硫酸化フカンオリゴ糖 1-(1) ~ (5) の還元性末端糖は
10 総てフコースであった。また、中性糖組成も、総てフコースのみからなるものであった。次に、硫酸含量 (塩化バリウムを用いた比濁法による) を測定し、質量分析装置 (API-III、パーキンエルマー・サイエクス社製) で質量を分析した。また、JNM- α 500 型核磁気共鳴装置 (日本電子社製) 及び Digital NMR ADVANCE 600 (Bruker Analytik 社
15 製) で NMR 分析を行った。分析試料は定法により重水で置換後、構造解析を行った。構成糖の結合様式は、¹H-検出異種核検出法である HMB C 法を用いて行った。¹H-NMR の帰属には DQF-COSY 法及び HOHAHA 法を、¹³C-NMR の帰属には HSQC 法を用いた。以下に本発明の硫酸化フカンオリ
20 ゴ糖 1-(1) ~ (5) の物性を示す。

(a) 本発明の硫酸化フカンオリゴ糖 1-(1) の物性

質量分析及び NMR 分析の帰属の結果を以下に示し、¹H-NMR スペクトルを図 3 に、¹³C-NMR スペクトルを図 4 に、マススペクトルを図 5 にそれぞれ示した。図 3、4 において縦軸はシグナルの強度を、横軸は化学シフト値 (ppm) を示す。また、図 5 において、縦軸は相対強度 (%) を、横軸は、m/z
25 値を示す。

分子量 ; 842

MS · m/z ; 431. 1, [M+Na⁺-2H⁺]²⁻ ; 885. 2, [M+2Na⁺-3H⁺]⁻

¹H-NMR及び¹³C-NMRによる分析結果を表1、2に示す。

表1

	ケミカルシフト値 (ppm)	
	¹ H-NMR ケミカルシフト値、多重度、結合定数	¹³ C-NMR
F1-1	5.43, d, 4.0	91.3
F1-2	4.45, m	74.3
F1-3	3.99, dd, 3.5, 10.0	73.5
F1-4	4.02, d, 3.5	69.5
F1-5	4.16, q, 6.5	66.8
F1-6	1.18, d, 6.5	16.3
F2-1	5.29, d, 3.0	95.0
F2-2	4.44, m	76.2
F2-3	4.11, m	68.2
F2-4	3.93, d, 3.0	83.3
F2-5	4.46, m	68.5
F2-6	1.32, d, 6.5	16.4

5

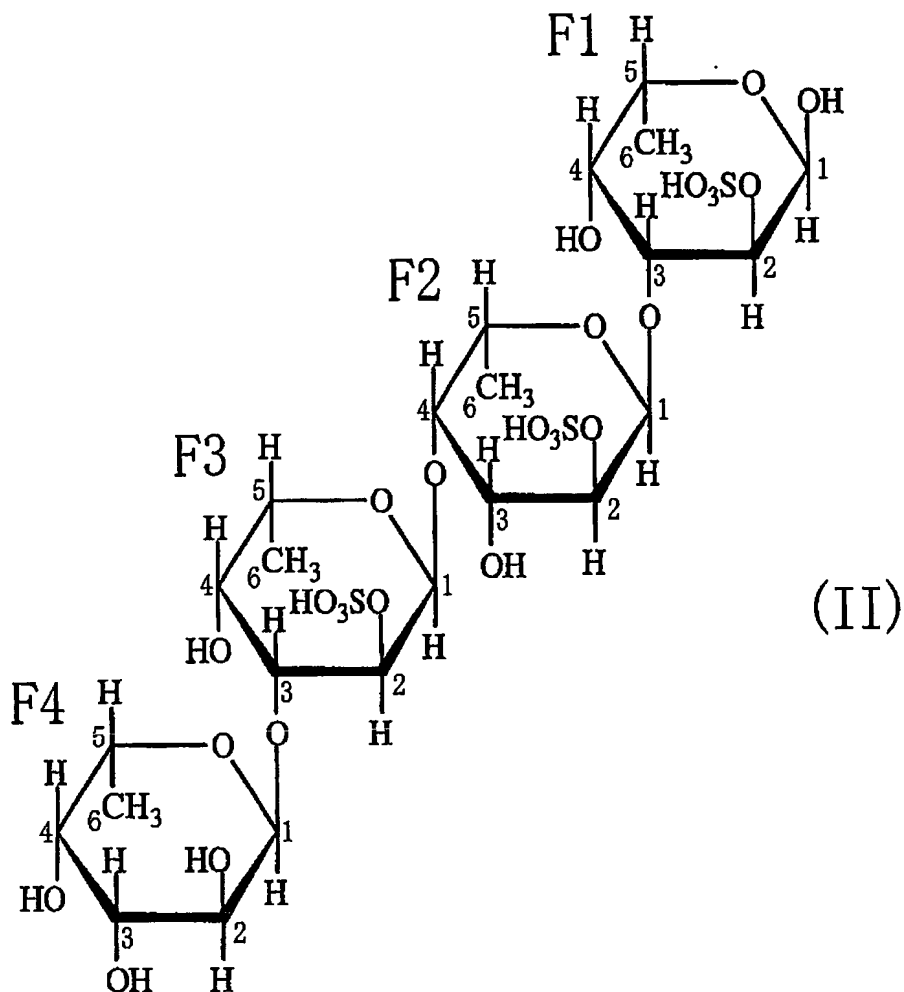
表2

	ケミカルシフト値 (ppm)	
	¹ H-NMR ケミカルシフト値、多重度、結合定数	¹³ C-NMR
F3-1	5.21, d, 3.5	99.9
F3-2	4.51, dd, 3.5, 10.5	74.3
F3-3	4.13, m	72.6
F3-4	4.04, d, 3.0	69.8
F3-5	4.38, m	68.2
F3-6	1.18, d, 6.5	16.2
F4-1	5.00, d, 4.0	96.5
F4-2	3.73, dd, 4.0, 10.5	68.9
F4-3	3.90, dd, 3.5, 10.5	70.3
F4-4	3.77, d, 3.5	72.9
F4-5	4.41, m	67.8
F4-6	1.15, d, 6.5	16.2

糖組成 L-フコース4分子

硫酸基 3分子

なお、¹H-NMR及び¹³C-NMRにおけるピークの帰属の番号は下記式
(I I)の通りである。



(b) 本発明の硫酸化フカンオリゴ糖 1 - (2) の物性

質量分析及びNMR分析の帰属の結果を以下に示し、 ^1H -NMRスペクトルを図6に、 ^{13}C -NMRスペクトルを図7に、マススペクトルを図8にそれぞれ示した。図6、7において縦軸はシグナルの強度を、横軸は化学シフト値 (ppm) を示す。また、図8において、縦軸は相対強度 (%) を、横軸は、 m/z 値を示す。

分子量 ; 922

MS m/z ; 482. 1, $[\text{M} + 2\text{Na}^+ - 4\text{H}^+]^{2-}$; 987. 1, $[\text{M} + 3\text{Na}^+ - 4\text{H}^+]^-$

¹H-NMR及び¹³C-NMRによる分析結果を表3、4に示す。

表3

	ケミカルシフト値 (ppm)	
	¹ H-NMR ケミカルシフト値、多重度、結合定数	¹³ C-NMR
F1-1	5.43, d, 3.5	91.4
F1-2	4.46, dd, 3.9, 10.4	74.2
F1-3	3.99, dd, 3.1, 10.4	74.64 or 74.68
F1-4	4.02, d, 2.5	69.99 or 70.02
F1-5	4.16, m	66.8
F1-6	1.17, d, 6.5	16.3
F2-1	5.30, d, 3.8	96.0
F2-2	4.58, dd, 3.6, 11.0	73.3
F2-3	4.78, dd, 2.7, 10.9	74.64 or 74.68
F2-4	4.21, d, 2.9	80.0
F2-5	4.49, m	68.7
F2-6	1.32, d, 6.5	16.4

5

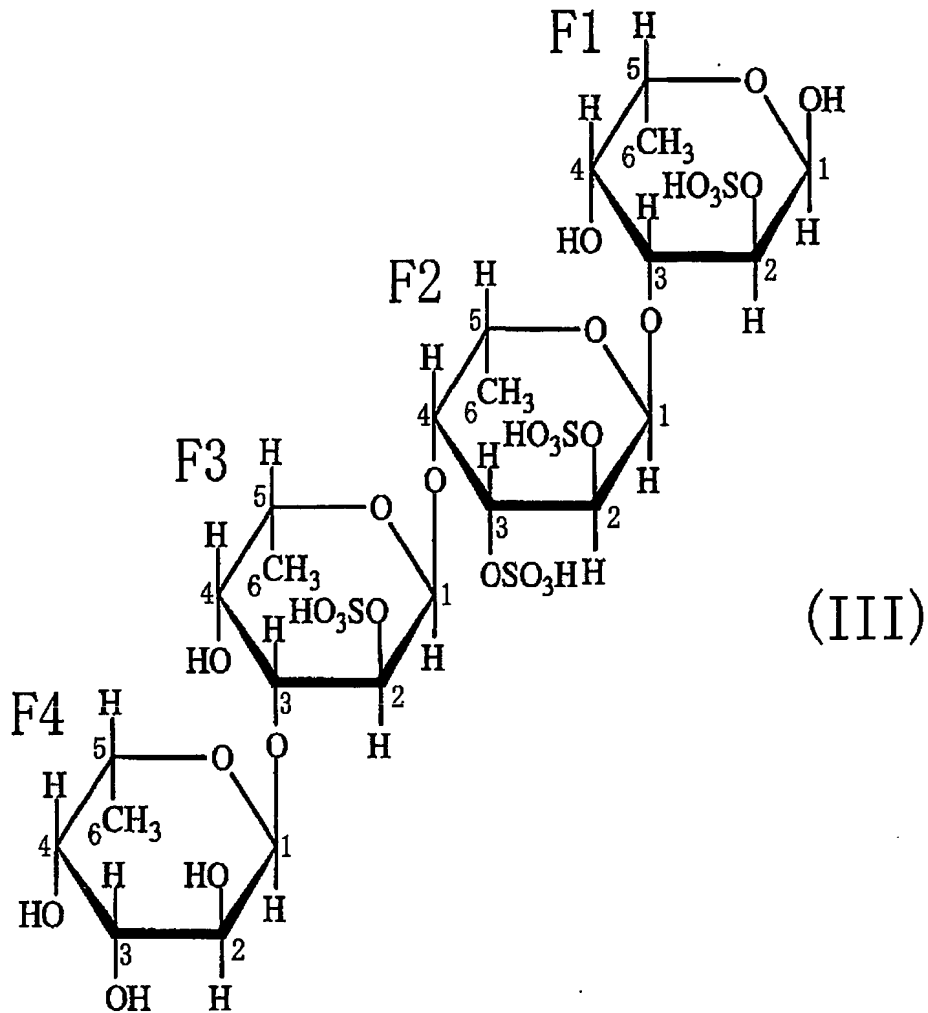
表4

	ケミカルシフト値 (ppm)	
	¹ H-NMR ケミカルシフト値、多重度、結合定数	¹³ C-NMR
F3-1	5.21, d, 3.4	99.5
F3-2	4.49, m	74.2
F3-3	4.14, m	72.5
F3-4	4.02, d, 2.5	69.99 or 70.02
F3-5	4.39, m	68.0
F3-6	1.22, d, 6.0	16.18
F4-1	5.00, d, 4.0	96.4
F4-2	3.72, dd, 4.0, 10.0	69.0
F4-3	3.90, dd, 3.0, 10.0	70.3
F4-4	3.75, d, 3.0	72.9
F4-5	4.41, m	67.7
F4-6	1.14, d, 6.5	16.17

糖組成 L-フコース4分子

硫酸基 4分子

なお、¹H-NMR及び¹³C-NMRにおけるピークの帰属の番号は下記式 (III) の通りである。



(c) 本発明の硫酸化フカンオリゴ糖 1 - (3) の物性

質量分析及びNMR分析の帰属の結果を以下に示し、 ^1H -NMRスペクトルを図9に、 ^{13}C -NMRスペクトルを図10に、マススペクトルを図11にそれぞれ示した。図9、10において縦軸はシグナルの強度を、横軸は化学シフト値 (ppm) を示す。また、図11において、縦軸は相対強度 (%) を、横軸は、 m/z 値を示す。

分子量 ; 1454

MS m/z ; 379. 1, $[\text{M} + 3\text{Na}^+ - 7\text{H}^+]^{4-}$; 513. 2, $[\text{M}$

$+4\text{Na}^+ - 7\text{H}^+]^{3-}$; 781.1, $[\text{M} + 5\text{Na}^+ - 7\text{H}^+]^{2-}$
 $^1\text{H-NMR}$ 及び $^{13}\text{C-NMR}$ による分析結果を表5、6に示す。

表5

	ケミカルシフト値 (ppm)	
	$^1\text{H-NMR}$ ケミカルシフト値、多重度、 結合定数	$^{13}\text{C-NMR}$
F1-1	5.43, d, 3.5	91.4
F1-2	4.47, m	74.25 or 74.3 or 74.4
F1-3	4.01, dd, 3.5, 10.0	74.25 or 74.3 or 74.4
F1-4	4.04, m	69.9
F1-5	4.17, m	66.8
F1-6	1.18, d, 6.5	16.3
F2-1	5.33, m	95.67 or 95.71
F2-2	4.58, dd, 3.5, 11.0	73.3 or 73.4
F2-3	4.70, dd, 2.5, 11.0	74.8 or 74.9
F2-4	4.22, m	80.5
F2-5	4.49, m	68.7
F2-6	1.34, d, 6.5	16.5
F3-1	5.24, d, 3.5	99.7
F3-2	4.52, m	74.25 or 74.3 or 74.4
F3-3	4.16, dd, 3.5, 10.0	74.25 or 74.3 or 74.4
F3-4	4.06, d, 3.0	70.3
F3-5	4.35, m	67.9
F3-6	1.24, d, 6.5	16.19

表 6

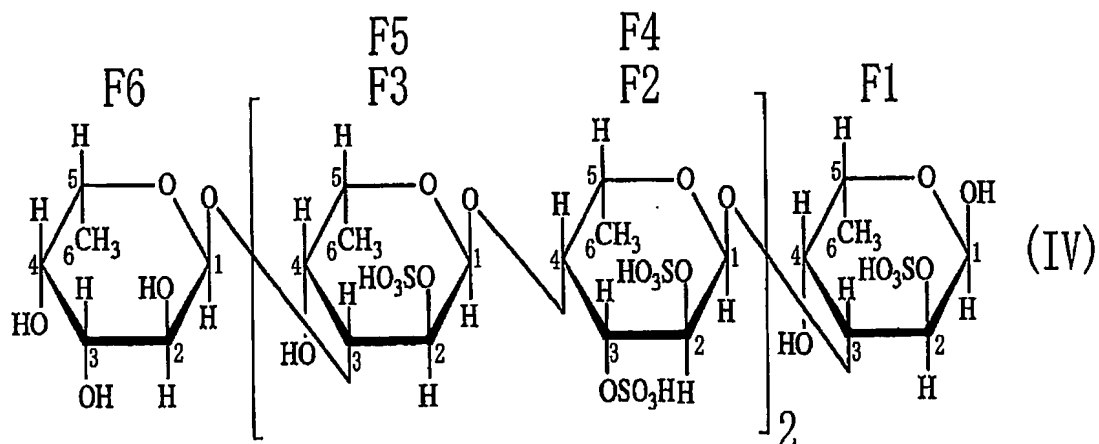
	ケミカルシフト値 (ppm)	
	$^1\text{H-NMR}$ ケミカルシフト値、多重度、 結合定数	$^{13}\text{C-NMR}$
F4-1	5.33, m	95.67 or 95.71
F4-2	4.59, dd, 3.5, 11.0	73.3 or 73.4
F4-3	4.73, dd, 2.5, 11.0	74.8 or 74.9
F4-4	4.22, m	80.3
F4-5	4.56, m	68.7
F4-6	1.33, d, 6.5	16.5
F5-1	5.24, d, 3.5	99.5
F5-2	4.49, m	74.25 or 74.3 or 74.4
F5-3	4.16, dd, 3.5, 10.0	72.3
F5-4	4.04, m	69.9
F5-5	4.38, m	68.0
F5-6	1.23, d, 6.5	16.19
F6-1	5.01, d, 4.0	96.2
F6-2	3.72, dd, 4.0, 10.5	69.0
F6-3	3.91, dd, 3.5, 10.5	70.3
F6-4	3.77, d, 3.5	72.9
F6-5	4.41, m	67.8
F6-6	1.16, d, 6.5	16.16

糖組成 L-フコース 6分子

硫酸基 7分子

なお、 $^1\text{H-NMR}$ 及び $^{13}\text{C-NMR}$ におけるピークの帰属の番号は下記式

5 (IV) の通りである。



(d) 本発明の硫酸化フカンオリゴ糖1-(4)の物性

質量分析及びNMR分析の帰属の結果を以下に示し、 ^1H -NMRスペクトルを図12に、 ^{13}C -NMRスペクトルを図13に、マススペクトルを図14にそれぞれ示した。図12、13において縦軸はシグナルの強度を、横軸は化学シフト値 (ppm) を示す。また、図14において、縦軸は相対強度 (%) を、横軸は、 m/z 値を示す。

分子量; 1986

MS m/z ; 418.3, $[\text{M}+5\text{Na}^+-10\text{H}^+]^{5-}$; 528.5,

10 $[\text{M}+6\text{Na}^+-10\text{H}^+]^{4-}$; 712.4, $[\text{M}+7\text{Na}^+-10\text{H}^+]^{3-}$; 1080.6, $[\text{M}+8\text{Na}^+-10\text{H}^+]^{2-}$

^1H -NMR及び ^{13}C -NMRによる分析結果を表7~9に示す。

表7

	ケミカルシフト値 (ppm)	
	^1H -NMR ケミカルシフト値、多重度、結合定数	^{13}C -NMR
F1-1	5.43, d, 3.5	91.4
F1-2	4.47, dd, 4.0, 10.0	74.2 or 74.3 or 74.4
F1-3	4.01, dd, 3.5, 10.5	74.2 or 74.3 or 74.4
F1-4	4.04, d, 3.5	69.8 or 69.9
F1-5	4.18, m	66.8
F1-6	1.17, d, 7.0	16.3
F2-1	5.33, m	95.5 or 95.6 or 95.7
F2-2	4.58, dd, 3.5, 10.5	73.3 or 73.4
F2-3	4.70, dd, 2.5, 11.0	74.8 or 74.9
F2-4	4.23, m	80.6
F2-5	4.49, m	68.7
F2-6	1.33, m	16.5
F3-1	5.24, m	99.5 or 99.6 or 99.7
F3-2	4.52, m	74.2 or 74.3 or 74.4
F3-3	4.16, dd, 3.0, 10.5	74.2 or 74.3 or 74.4
F3-4	4.06, m	70.2 or 70.27 or 70.32
F3-5	4.33, m	67.8
F3-6	1.23, m	16.2

表 8

	ケミカルシフト値 (ppm)	
	¹ H-NMR ケミカルシフト値、多重 度、結合定数	¹³ C-NMR
F4-1	5.33, m	95.5 or 95.6 or 95.7
F4-2	4.58, dd, 3.5, 10.5	73.3 or 73.4
F4-3	4.73, dd, 2.5, 11.0	74.8 or 74.9
F4-4	4.23, m	80.2 or 80.3
F4-5	4.56, m	68.7
F4-6	1.33, m	16.5
F5-1	5.24, m	99.5 or 99.6 or 99.7
F5-2	4.52, m	74.2 or 74.3 or 74.4
F5-3	4.16, dd, 3.0, 10.5	74.2 or 74.3 or 74.4
F5-4	4.06, m	70.2 or 70.27 or 70.32
F5-5	4.38, m	67.8
F5-6	1.23, m	16.2
F6-1	5.33, m	95.5 or 95.6 or 95.7
F6-2	4.58, dd, 3.5, 10.5	73.3 or 73.4
F6-3	4.73, dd, 2.5, 11.0	74.8 or 74.9
F6-4	4.23, m	80.2 or 80.3
F6-5	4.56, m	68.7
F6-6	1.33, m	16.5

表 9

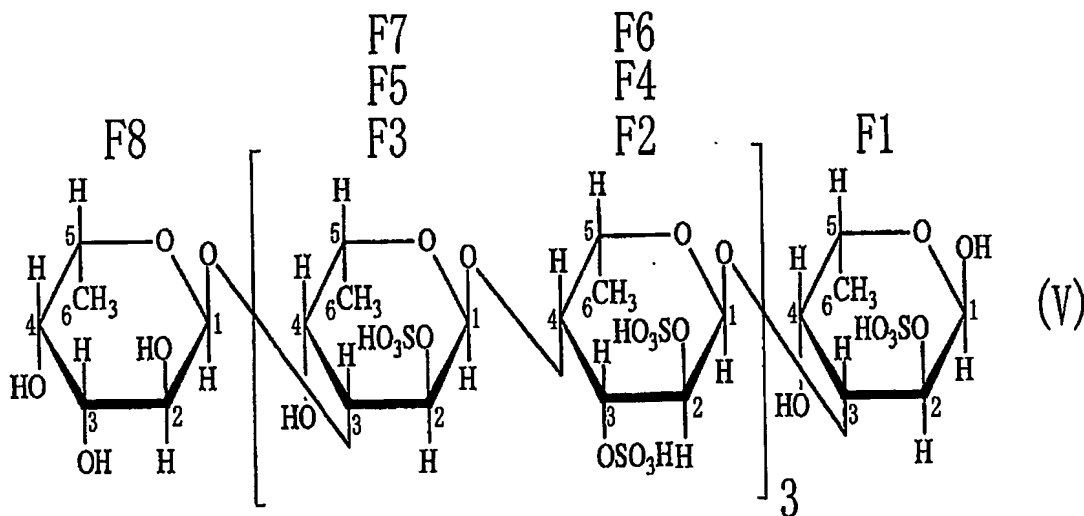
	ケミカルシフト値 (ppm)	
	$^1\text{H-NMR}$ ケミカルシフト値、多重 度、結合定数	$^{13}\text{C-NMR}$
F7-1	5.24, m	99.5 or 99.6 or 99.7
F7-2	4.49, m	74.2 or 74.3 or 74.4
F7-3	4.16, dd, 3.0, 10.5	72.3
F7-4	4.04, d, 3.5	69.8 or 69.9
F7-5	4.38, m	68.0
F7-6	1.23, m	16.2
F8-1	5.01, d, 3.5	96.2
F8-2	3.72, dd, 4.0, 10.0	69.0
F8-3	3.91, dd, 3.5, 10.5	70.2 or 70.27 or 70.32
F8-4	3.77, d, 4.0	72.9
F8-5	4.40, m	67.8
F8-6	1.16, d, 7.0	16.2

糖組成 L-フコース 8分子

硫酸基 10分子

なお、 $^1\text{H-NMR}$ 及び $^{13}\text{C-NMR}$ におけるピークの帰属の番号は下記式

5 (V) の通りである。



(e) 本発明の硫酸化フカンオリゴ糖 1 - (5) の物性

質量分析及びNMR分析の帰属の結果を以下に示し、 $^1\text{H-NMR}$ スペクトル

を図15に、 ^{13}C -NMRスペクトルを図16に、マススペクトルを図17にそれぞれ示した。図15、16において縦軸はシグナルの強度を、横軸は化学シフト値 (ppm) を示す。また、図17において、縦軸は相対強度 (%) を、横軸は、 m/z 値を示す。

5 分子量; 2518

MS m/z ; 327.6, $[\text{M}+5\text{Na}^+ - 13\text{H}^+]^{8-}$; 377.8, $[\text{M}+6\text{Na}^+ - 13\text{H}^+]^{7-}$; 444.5, $[\text{M}+7\text{Na}^+ - 13\text{H}^+]^{6-}$; 538.0, $[\text{M}+8\text{Na}^+ - 13\text{H}^+]^{5-}$; 678.1, $[\text{M}+9\text{Na}^+ - 13\text{H}^+]^{4-}$; 912.4, $[\text{M}+10\text{Na}^+ - 13\text{H}^+]^{3-}$

10 ^1H -NMR及び ^{13}C -NMRによる分析結果を表10~13に示す。

表10

	ケミカルシフト値 (ppm)	
	^1H -NMR ケミカルシフト値、多重度、 結合定数	^{13}C -NMR
F1-1	5.43, d, 4.0	91.4
F1-2	4.47, dd, 4.0, 10.0	74.1 or 74.3 or 74.4
F1-3	4.01, dd, 3.5, 10.5	74.1 or 74.3 or 74.4
F1-4	4.04, d, 2.5	69.8 or 69.9
F1-5	4.17, m	66.8
F1-6	1.17, d, 6.5	16.3
F2-1	5.35, m	95.3 or 95.6 or 95.7
F2-2	4.60, m	73.3 or 73.4
F2-3	4.70, dd, 2.5, 11.0	74.8 or 75.0
F2-4	4.22, m	80.6
F2-5	4.50, m	68.6 or 68.7 or 68.75 or 68.81
F2-6	1.33, m	16.45 or 16.54
F3-1	5.23, m	99.3 or 99.5 or 99.7
F3-2	4.52, m	74.1 or 74.3 or 74.4
F3-3	4.16, dd, 3.0, 10.5	74.1 or 74.3 or 74.4
F3-4	4.06, m	70.3
F3-5	4.32, q, 7.0	67.8
F3-6	1.23, m	16.2

表 1 1

	ケミカルシフト値 (p p m)	
	¹ H-NMR ケミカルシフト値、多重度、 結合定数	¹³ C-NMR
F4-1	5.35, m	95.3 or 95.6 or 95.7
F4-2	4.60, m	73.3 or 73.4
F4-3	4.75, m	74.8 or 75.0
F4-4	4.22, m	79.8 or 80.1 or 80.2
F4-5	4.55, m	68.6 or 68.7 or 68.75 or 68.81
F4-6	1.33, m	16.45 or 16.54
F5-1	5.23, m	99.3 or 99.5 or 99.7
F5-2	4.52, m	74.1 or 74.3 or 74.4
F5-3	4.16, dd, 3.0, 10.5	74.1 or 74.3 or 74.4
F5-4	4.06, m	70.3
F5-5	4.39, m	67.8
F5-6	1.23, m	16.2
F6-1	5.35, m	95.3 or 95.6 or 95.7
F6-2	4.60, m	73.3 or 73.4
F6-3	4.75, m	74.8 or 75.0
F6-4	4.22, m	79.8 or 80.1 or 80.2
F6-5	4.55, m	68.6 or 68.7 or 68.75 or 68.81
F6-6	1.33, m	16.45 or 16.54

表 1 2

	ケミカルシフト値 (p p m)	
	¹ H-NMR ケミカルシフト値、多重度、 結合定数	¹³ C-NMR
F7-1	5.23, m	99.3 or 99.5 or 99.7
F7-2	4.52, m	74.1 or 74.3 or 74.4
F7-3	4.16, dd, 3.0, 10.5	74.1 or 74.3 or 74.4
F7-4	4.06, m	70.3
F7-5	4.39, m	67.8
F7-6	1.23, m	16.2
F8-1	5.35, m	95.3 or 95.6 or 95.7
F8-2	4.60, m	73.3 or 73.4
F8-3	4.75, m	74.8 or 75.0
F8-4	4.22, m	79.8 or 80.1 or 80.2
F8-5		68.6 or 68.7 or 68.75 or 68.81
F8-6	1.33, m	16.45 or 16.54
F9-1	5.23, m	99.3 or 99.6 or 99.7
F9-2	4.49, m	74.1 or 74.3 or 74.4
F9-3	4.16, dd, 3.0, 10.5	72.2
F9-4	4.04, d, 2.5	69.8 or 69.9
F9-5	4.39, m	68.0
F9-6	1.23, m	16.2

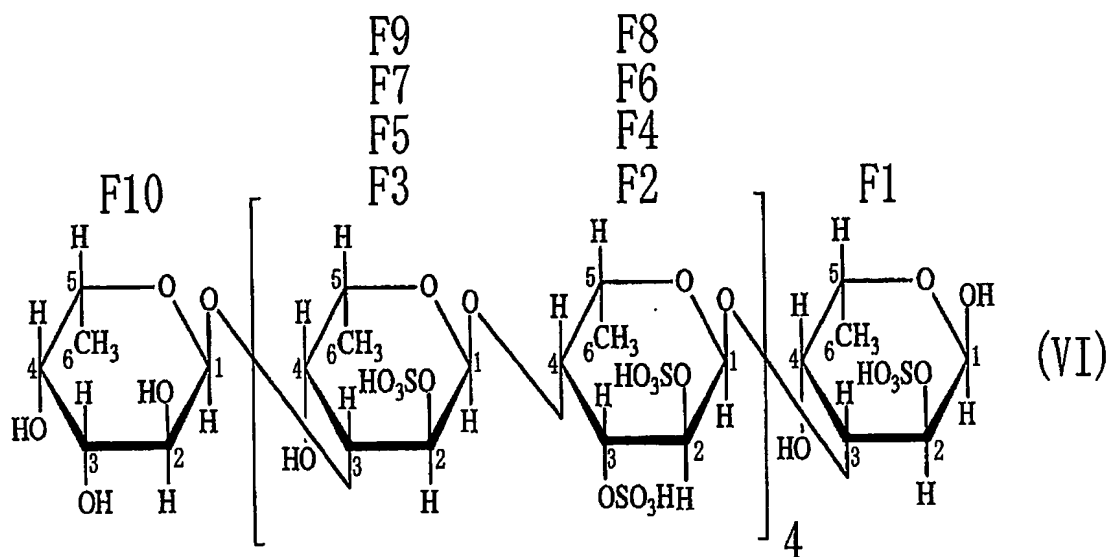
表 1 3

	ケミカルシフト値 (p p m)	
	¹ H-NMR ケミカルシフト値、多重度、 結合定数	¹³ C-NMR
F10-1	5.01, d, 4.0	96.1
F10-2	3.72, dd, 4.0, 10.0	69.0
F10-3	3.91, dd, 3.5, 10.5	70.3
F10-4	3.77, d, 3.0	72.9
F10-5	4.40, m	67.8
F10-6	1.16, d, 7.0	16.2

糖組成 L-フコース 10 分子

5 硫酸基 13 分子

なお、¹H-NMR 及び ¹³C-NMR におけるピークの帰属の番号は下記式 (V I) の通りである。



(5) 本発明の硫酸化フカン分解酵素に含まれる酵素種

実施例2に示すオリゴ糖1-(1)~(5)は総て一般式(I)で表すことができる。すなわち同じ骨格を持つ多糖から生成してきたと考えられる。これらのオリゴ糖の還元性末端糖が総てL-フコースであることから、硫酸化フカン分解酵素にはエンド型 α -L-フコシダーゼが存在していることがわかった。また、これらのオリゴ糖は2糖繰り返し構造を持っていることから、上記のエンド型 α -L-フコシダーゼは α (1-4)L-フコシル結合を切断する酵素であることがわかった。また、上記のオリゴ糖を得たときの反応液には硫酸、L-フコース、酢酸が検出されたことから、実施例1で得られた硫酸化フカン分解酵素標品中には、スルファターゼ活性、フコシダーゼ活性、デアセチラーゼ活性が混在することが示唆された。

(6) エンド型 α -(1-4)L-フコシダーゼ活性測定

実施例2記載の硫酸化フカンオリゴ糖1-(4)を用いて、エンド型 α -(1-4)L-フコシダーゼの活性測定系を確立した。まず、実施例2-(4)記載の方法で本発明の硫酸化フカンオリゴ糖1-(4)の還元性末端を2-アミノピリジンで蛍光標識した。エンド型 α -(1-4)L-フコシダーゼの活性は以下の様にして測定した。

すなわち、75 μ lの100mMリン酸ナトリウム緩衝液(pH7.0)、7.5 μ lの2mg/mlの牛血清アルブミン溶液、3.75 μ lの4M塩化ナトリ

ウム、50.25 μ lの水、6 μ lの10 pmol/ μ lの本発明の硫酸化フカンオリゴ糖1-(4)の還元性末端を2-アミノピリジンで蛍光標識したもの、及び7.5 μ lの本発明のエンド型 α -(1-4) L-フコシダーゼ溶液を混合し、30°Cで3時間反応させた後、反応液を100°Cで10分間処理し、HPLCで分析した。対照として、本発明のエンド型 α -(1-4) L-フコシダーゼの代わりに、その酵素の溶媒を用いて反応させたもの及び基質の代わりに水を用いて反応させたものを同様に分析した。HPLCは下記の様に行った。

カラム TSK-gel Octyl-80Ts (4.6 x 250 mm, 東ソー製)

カラム温度 40°C

10 溶離液

各溶離液の200 mM酢酸トリエチルアミン緩衝液pH5.5とアセトニトリルの比率を以下に記載する。

A液 95 : 5

B液 70 : 30

15 C液 40 : 60

HPLCによる分析時の溶離液の組成を以下に記載する。

0~7分 A液

7~25分 A液からAとB液の混合液(A : B = 10 : 90)へのグラジエント。

20 25~26分 AとB液の混合液(A : B = 10 : 90)からCへのグラジエント。

26~34分 C液

流速 1 ml/分

検出 蛍光(励起波長320 nm、蛍光波長400 nm)

25 1単位のエンド型 α -(1-4) L-フコシダーゼ活性は上記反応系において1分間に1 μ mol eのフコシル結合を切断する酵素量とした。切断したフコシル結合の量は下記式により求めた。

$$S / (180 \times 0.0075 \times 10^6) = U / ml$$

S : 分解された基質のモル数 (pmol e)

180 : 反応時間 (分)

0.0075 : 酵素液量 (ml)

また、タンパク質の定量は酵素液の280nmの吸光度を測定することにより行い、その際1mg/mlのタンパク質溶液の吸光度を1.0として計算した。

5 実施例3 エンド型 α -(1-4) L-フコシダーゼ

(1) エンド型 α -(1-4) L-フコシダーゼの部分精製

実施例1の方法でフコフィラス フコイダノリィティカス SI-1234を培養し、培養液60リットルから、遠心分離により菌体を回収した。

10 得られた菌体を2360mlの10mM塩化カルシウムと400mMの塩化ナトリウムと5mMのアジ化ナトリウムを含む10mMのイミダゾール-塩酸緩衝液(pH7.0)に懸濁し、超音波破碎後、遠心分離して上清を得た。この上清を50mMの塩化ナトリウムと5mMのアジ化ナトリウムを含む10mMのイミダゾール-塩酸緩衝液(pH7.0)で充分透析し、生じた沈殿を遠心分離により除去して上清、すなわち本発明のエンド型 α -(1-4) L-フコシダーゼの粗酵素溶液を得た。

15 上記のエンド型 α -(1-4) L-フコシダーゼ粗酵素溶液を上記と同じ緩衝液で平衡化させた、3000mlのDEAE-セルロファインA-800にかけた。すなわち、本発明のエンド型 α -(1-4) L-フコシダーゼの粗酵素溶液を添加後、上記緩衝液で充分洗浄し、50mMから600mMの塩化ナトリウムの濃度勾配により溶出させた。分取は1本あたり60mlとした。

20 各フラクションの本発明のエンド型 α -(1-4) L-フコシダーゼ活性を測定し、活性画分を200mMの塩化ナトリウムと20mMのリン酸2水素カリウムを含む10mMのイミダゾール-塩酸緩衝液(pH7.0)で平衡化させた150mlのヒドロキシルアパタイトカラムにかけた。すなわち、酵素溶液を添加後、平衡化用緩衝液で充分洗浄し、20mMから400mMのリン酸2水素カリウムの濃度勾配により溶出させた。分取は1本あたり10mlとした。

25 各フラクションのエンド型 α -(1-4) L-フコシダーゼ活性を測定し、活性画分を排除分子量1万の限外ろ過膜を装着させた限外ろ過機で濃縮し、100mMの塩化ナトリウムと5mMのアジ化ナトリウムを含む10mMのイミダゾール

ルー塩酸緩衝液 (pH 7.5) で平衡化させたセファクリルS-200のカラム (4.4 × 100 cm) にかけて。すなわち、酵素溶液を添加後、上記緩衝液で溶出させた。分取は1本あたり13mlとした。以上の精製工程を表14に示す。

5

表14

工程	タンパク質量 (mg)	総活性 (mU)	比活性 (mU/mg)	収率 (%)
抽出液	29,430	3,070	0.104	100
透析	21,900	3,330	0.152	108
DEAE-セルロファイブ	478	685	1.43	22.3
ヒドロキシルアパタイト	20.7	219	10.6	7.13
セファクリルS-200	2.66	32.7	12.3	1.07

本発明のエンド型 α -(1-4) L-フコシダーゼがエンド的に α 1-4 L-フコシル結合を切断することを確認するため下記の実験を行った。

10

すなわち、本発明のエンド型 α -(1-4) L-フコシダーゼを、還元性末端を2-アミノピリジンで蛍光標識した本発明の硫酸化フカンオリゴ糖1-(4)に作用させた反応液を少量とり、乾固後、その中に存在するオリゴ糖を2-アミノピリジンで蛍光標識し、HPLCにより分析した。なお、標準物質として本発明の硫酸化フカンオリゴ糖1-(2)を2-アミノピリジンで蛍光標識したものを

15
用いた。その結果、酵素反応により切断されて生じたオリゴ糖は総て本発明の硫酸化フカンオリゴ糖1-(2)と同じ物質であることがわかった。すなわち、本発明のエンド型 α -(1-4) L-フコシダーゼが、Fucus vesiculosus由来硫酸化フカンに存在する α -(1-4) L-フコシル結合をエンド的に切断する酵素であることが確認された。本発明のエンド型 α -(1-4) L-フコシダーゼの至適pHと至適温度をそれぞれ図18、図19に示す。

20

しかしながら、本発明のエンド型 α -(1-4) L-フコシダーゼを単独でFucus vesiculosus由来硫酸化フカン画分に作用させても低分子化させることができなかった。上述のように本発明の硫酸化フカン分解酵素を用いて硫酸化フカンオリゴ糖を調製する際には、反応液中にL-フコース、硫酸、

酢酸が生じることが分かっている。このことから、本発明のエンド型 α -(1-4) L-フコシダーゼで硫酸化フカンを分解する際には、フコシダーゼ、スルファターゼ、デアセチラーゼ等が共存する必要があると考えられた。

そこで、本発明のエンド型 α -(1-4) L-フコシダーゼと共存してFucus vesiculosus由来硫酸化フカンを低分子化させる活性を探索した。

(2) 硫酸化フカン低分子化酵素A

本発明のエンド型 α -(1-4) L-フコシダーゼと共存してFucus vesiculosus由来硫酸化フカンを低分子化させる酵素を調製するため、まず該酵素の活性測定系を以下の様に設定した。

すなわち、12 μ lの500mMイミダゾール-塩酸緩衝液(pH7.5)、4.8 μ lの2.5%のFucus vesiculosus由来硫酸化フカン画分、6 μ lの1Mの塩化カルシウム、9 μ lの4M塩化ナトリウム、40.2 μ lの水、24 μ lの0.35-0.4mU/mlの本発明のエンド型 α -(1-4) L-フコシダーゼ、及び24 μ lの本発明の硫酸化フカン低分子化酵素A溶液を混合し、30 $^{\circ}$ Cで3時間反応させた後、反応液を100 $^{\circ}$ Cで10分間処理し、HPLCで分析した。対照として、本発明の硫酸化フカン低分子化酵素A溶液の代わりに、その酵素の溶媒を用いて反応させたものを同様に分析した。HPLCは下記の様に行った。

20 カラム SB-806HQ (4.6 x 250 mm, 昭和電工製)

カラム温度 25 $^{\circ}$ C

溶離液 5mMのアジ化ナトリウムを含む50mMの塩化ナトリウム

流速 1ml/分

検出 示差屈折率検出器

25 1単位の本発明の硫酸化フカン低分子化酵素Aの酵素活性は上記反応系において1分間に1 μ molの割合で、本発明のエンド型 α -(1-4) L-フコシダーゼによるフコシル結合の切断を増加させる酵素量とした。切断したフコシル結合の量は下記式により求めた。

$$(120 / SM_r) \times (SM_r / PM_r - 1) \times 1 / 180 \times 0.024 = U$$

/m l

120 : 基質に使用した硫酸化フカン量 (μ g)

SM_r : 基質の平均分子量

PM_r : 反応生成物の平均分子量

5. 180 : 反応時間 (分)

0.024 : 酵素液量 (m l)

また、タンパク質の定量は酵素液の280nmの吸光度を測定することにより行い、その際1mg/m lのタンパク質溶液の吸光度を1.0として計算した。

実施例4 硫酸化フカン低分子化酵素A

10 (1) 硫酸化フカン低分子化酵素Aの部分精製

実施例1の方法でフコフィラス フコイダノリイティカス SI-1234を培養し、培養液60リットルから、遠心分離により菌体を回収した。

15 得られた菌体を2780m lの10mM塩化カルシウムと400mMの塩化ナトリウムと5mMのアジ化ナトリウムと5mMのβ-メルカプトエタノールを含む10mMのイミダゾール-塩酸緩衝液 (pH7.0) に懸濁し、超音波破碎後、遠心分離して上清を得た。この上清を10mMの塩化カルシウムと10mMの塩化ナトリウムと5mMのβ-メルカプトエタノールと5mMのアジ化ナトリウムを含む10mMのイミダゾール-塩酸緩衝液 (pH7.0) で充分透析し、生じた沈殿を遠心分離により除去して上清を得た。

20 得られた上清を上記と同じ緩衝液で平衡化させた、3000m lのDEAE-セルロファインA-800にかけた。すなわち、上記の上清を添加後、上記緩衝液で充分洗浄し、10mMから600mMの塩化ナトリウムの濃度勾配により溶出させた。分取は1本あたり60m lとした。

25 各フラクションの、本発明の硫酸化フカン低分子化酵素Aの酵素活性を測定し、活性画分 (60-110mM塩化ナトリウム溶出画分) を10mMの塩化カルシウムと80mMの塩化ナトリウムと5mMのβ-メルカプトエタノールを含む10mMのイミダゾール-塩酸緩衝液 (pH7.0) で平衡化させた200m lのDEAE-セルロファインA-800カラムにかけた。すなわち、該酵素溶液を添加後、平衡化用緩衝液で充分洗浄し、80mMから240mMの塩化ナトリウ

ムの濃度勾配により溶出させた。分取は1本あたり20mlとした。

各フラクションの硫酸化フカン低分子化酵素Aの酵素活性を測定し、活性画分を、200mMの塩化ナトリウムと10mMの塩化カルシウムと5mMのβ-メルカプトエタノールを含む10mMのイミダゾール-塩酸緩衝液(pH7.0)で平衡化させた20mlの硫酸化セルロファインのカラムにかけた。すなわち、酵素溶液を添加後、上記緩衝液で充分洗浄し、200から700mMの塩化ナトリウムの濃度勾配により溶出させた。分取は1本あたり2mlとした。以上の精製工程を表15に示す。

10 表15

工程	タンパク質量 (mg)	総活性 (mU)	比活性 (mU/mg)	収率 (%)
抽出液	33,600	731	0.0218	100
透析	30,900	736	0.0238	101
DEAE-セルロファイン	567	97.2	0.171	13.3
DEAE-セルロファイン	102	43.6	4.27	5.96
硫酸化セルロファイン	9.66	8.40	0.870	1.14

本発明の硫酸化フカン低分子化酵素Aの作用機作を確認するため下記の実験を行った。

すなわち、本発明の硫酸化フカン低分子化酵素Aを、Fucus vesiculosus由来硫酸化フカンに作用させた反応液を少量とり、その中に存在する遊離の硫酸の量をHPLCにより分析した。なお、標準物質としては硫酸ナトリウムを用いた。その結果、酵素反応により遊離の硫酸が生じることがわかった。すなわち、本発明の硫酸化フカン低分子化酵素Aが、Fucus vesiculosus由来硫酸化フカンに作用して硫酸基を切断する酵素であり、硫酸化フカンスルファターゼ活性を有することが確認された。

しかしながら、本発明のエンド型α-(1-4) L-フコシダーゼと本発明の硫酸化フカン低分子化酵素AだけをFucus vesiculosus由来硫酸化フカン画分に作用させても実施例2に記載したオリゴ糖を得られるほどには低分子化させるこ

とができなかった。上述のように本発明の硫酸化フカン分解酵素を用いて硫酸化フカンオリゴ糖を調製する際には、反応液中にL-フコース、酢酸も生じることが分かっている。このことから、Fucus vesiculosus由来硫酸化フカンを分解する際には、本発明のエンド型 α -(1-4)L-フコシダーゼと本発明の硫酸化フカン低分子化酵素A以外に、フコシダーゼやデアセチラーゼ等が共存する必要があると考えられた。

そこで、本発明のエンド型 α -(1-4)L-フコシダーゼ及び本発明の硫酸化フカン低分子化酵素Aと共存してFucus vesiculosus由来硫酸化フカンの低分子化を促進させる活性を探索した。なお、探索する対象の酵素を以下、エキソ型L-フコシダーゼという。

(2) エキソ型L-フコシダーゼ

本発明のエキソ型L-フコシダーゼを調製するため、まず該酵素の活性測定系を以下の様に設定した。

すなわち、12 μ lの500mMイミダゾール-塩酸緩衝液(pH7.5)、4.8 μ lの2.5%のFucus vesiculosus由来硫酸化フカン画分、6 μ lの1Mの塩化カルシウム、9 μ lの4M塩化ナトリウム、16.2 μ lの水、24 μ lの0.35-0.4mU/mlの本発明のエンド型 α -(1-4)L-フコシダーゼ、24 μ lの0.04-0.05mU/mlの本発明の硫酸化フカン低分子化酵素A、及び24 μ lの本発明のエキソ型L-フコシダーゼを混合し、30°Cで3時間反応させた後、反応液を100°Cで10分間処理し、HPLCで分析した。対照として、本発明のエキソ型L-フコシダーゼ溶液の代わりに、その酵素の溶媒を用いて反応させたものを同様に分析した。HPLCは下記の様に行った。

カラム SB-806HQ (4.6 x 250 mm, 昭和電工製)

カラム温度 25°C

溶離液 5mMのアジ化ナトリウムを含む50mMの塩化ナトリウム

流速 1ml/分

検出 示差屈折率検出器

1単位のエキソ型L-フコシダーゼ活性は上記反応系において1分間に1 μ m

o l e の割合でフコシル結合の切断を増加させる酵素量とした。増加したフコシル結合の量は下記式により求めた。

$$(120 / SM_r) \times (SM_r / PM_r - 1) \times 1 / 180 \times 0.024 = U / ml$$

5 120 : 基質に使用した硫酸化フカン量 (μg)

SM_r : 基質の平均分子量

PM_r : 反応生成物の平均分子量

180 : 反応時間 (分)

0.024 : 酵素液量 (ml)

10 また、タンパク質の定量は酵素液の 280 nm の吸光度を測定することにより
行い、その際 1 mg/ml のタンパク質溶液の吸光度を 1.0 として計算した。

実施例 5 エキソ型 L-フコシダーゼの部分精製

実施例 2 の方法でフコフィラス フコイダノリイティカス SI-1234 を
培養し、培養液 60 リットルから、遠心分離により菌体を回収した。

15 得られた菌体を 2780 ml の 10 mM 塩化カルシウムと 400 mM の塩化ナ
トリウムと 5 mM のアジ化ナトリウムと 5 mM の β -メルカプトエタノールを含
む 10 mM のイミダゾール-塩酸緩衝液 (pH 7.0) に懸濁し、超音波破碎後、
遠心分離して上清を得た。この上清を 10 mM の塩化カルシウムと 10 mM の塩
化ナトリウムと 5 mM の β -メルカプトエタノールと 5 mM のアジ化ナトリウム
20 を含む 10 mM のイミダゾール-塩酸緩衝液 (pH 7.0) で充分透析し、生じ
た沈殿を遠心分離により除去して上清を得た。

得られた上清を上記と同じ緩衝液で平衡化させた、3000 ml の DEAE-
セルロファイン A-800 にかけた。すなわち、上記の上清を添加後、上記緩衝
液で充分洗浄し、10 mM から 600 mM の塩化ナトリウムの濃度勾配により溶
25 出させた。分取は 1 本あたり 60 ml とした。

各フラクションのエキソ型 L-フコシダーゼ活性を測定し、活性画分 (170
~ 205 mM 塩化ナトリウム溶出画分) を 10 mM の塩化カルシウムと 50 mM
の塩化ナトリウムと 5 mM の β -メルカプトエタノールを含む 10 mM のイミダ
ゾール-塩酸緩衝液 (pH 7.0) で充分透析し、同緩衝液で平衡化させた 50

m l の硫酸化セルロファインカラムにかけた。すなわち、該酵素溶液を添加後、平衡化用緩衝液で充分洗浄し、50 mMから1 Mの塩化ナトリウムの濃度勾配により溶出させた。分取は1本あたり5 mlとした。

5 各フラクションの本発明のエキソ型L-フコシダーゼ活性を測定し、活性画分を、100 mMの塩化ナトリウムと10 mMの塩化カルシウムと5 mMのβ-メルカプトエタノールと5 mMのアジ化ナトリウムを含む10 mMのイミダゾール-塩酸緩衝液(pH 7.5)で平衡化させた20 mlの硫酸化セルロファインのカラムにかけた。すなわち、酵素溶液を添加後、上記緩衝液で充分洗浄し、100から700 mMの塩化ナトリウムの濃度勾配により溶出させた。分取は1本あたり2.3 mlとした。以上の精製工程を表16に示す。

表16

工程	タンパク 質量 (mg)	総活性 (mU)	比活性 (mU/mg)	収率 (%)
抽出液	33,600	12,400	0.369	100
透析	30,900	11,900	0.385	96.0
DEAE-セルロファイン	231	778	3.37	6.27
硫酸化セルロファイン	42.7	1,180	27.6	9.52
硫酸化セルロファイン	8.32	1,090	131	8.79

15 本発明のエキソ型L-フコシダーゼの作用機作を確認するため下記の実験を行った。

すなわち、本発明のエキソ型L-フコシダーゼを、Fucus vesiculosus由来硫酸化フカンに作用させた反応液を少量とり、その中に存在する遊離のL-フコースの量を遊離型L-フコース定量用キットにより測定した。その結果、酵素反応により遊離のL-フコースが生じることがわかった。すなわち、本発明のエキソ型L-フコシダーゼが、Fucus vesiculosus由来硫酸化フカンに作用してL-フコース残基を切断する酵素であり、エキソ型L-フコシダーゼであることが確認された。

20 本発明のエンド型α-(1-4)L-フコシダーゼと本発明の硫酸化フカン低

分子化酵素Aと本発明のエキソ型L-フコシダーゼをFucus vesiculosus 由来硫酸化フカン画分に作用させると、硫酸化フカン画分を低分子化させ実施例2に記載したオリゴ糖とほぼ同等の分子量のオリゴ糖が生成した。しかしながら、上述のように本発明の硫酸化フカン分解酵素を用いて硫酸化フカンオリゴ糖を調製する際

5 には、反応液中に酢酸も生じることが分かっている。

そこで、Fucus vesiculosus由来硫酸化フカンを1Nの水酸化ナトリウムで処理することによりO-アセチル基を加水分解したもの及び未処理のFucus vesiculosus由来硫酸化フカンを基質に用いて、本発明のエンド型 α -(1-4) L-フコシダーゼ及び本発明の硫酸化フカン低分子化酵素Aを作用させたところ、明らかにO-アセチル基を除去した、Fucus vesiculosus由来硫酸化フカンのみ低分子化が進むことがわかり、硫酸化フカンの脱アセチル化が、Fucus vesiculosus由来硫酸化フカンの酵素的低分子化に必要な反応であることが確認

10 できた。

また、この結果から、本発明のエンド型 α -(1-4) L-フコシダーゼと本発明の硫酸化フカン低分子化酵素Aと本発明のエキソ型L-フコシダーゼの中に硫酸化フカンデアセチラーゼの混入が考えられたので、以下の反応系により該酵素活性を測定した。

15

すなわち、6 μ l の500 mMイミダゾール塩酸緩衝液 (pH 7.5)、7.2 μ l の2.5%のFucus vesiculosus由来硫酸化フカン画分、3 μ l の1Mの塩化カルシウム、4.5 μ l の4M塩化ナトリウム、33.3 μ l の水、及び6 μ l の硫酸化フカンデアセチラーゼ含有酵素溶液を混合し、30°Cで3時間反応させた後、反応液を100°Cで10分間処理し、市販の酢酸定量用キットを用いて酢酸量を定量した。対照として、硫酸化フカンデアセチラーゼ含有酵素溶液の代わりに、その酵素溶液の溶媒を用いて反応させたものを同様に分析した。この

20

25 結果、実施例で部分精製した本発明の硫酸化フカン低分子化酵素A及び本発明のエキソ型L-フコシダーゼにはともに硫酸化フカンデアセチラーゼが含まれていることがわかった。

このことから、Fucus vesiculosus由来硫酸化フカンを分解する際には、本発明のエンド型 α -(1-4) L-フコシダーゼ、本発明の硫酸化フカン低分子化

酵素A、本発明のエキソ型L-フコシダーゼ及び硫酸化フカンデアセチラーゼが関与していることがわかった。

産業上の利用の可能性

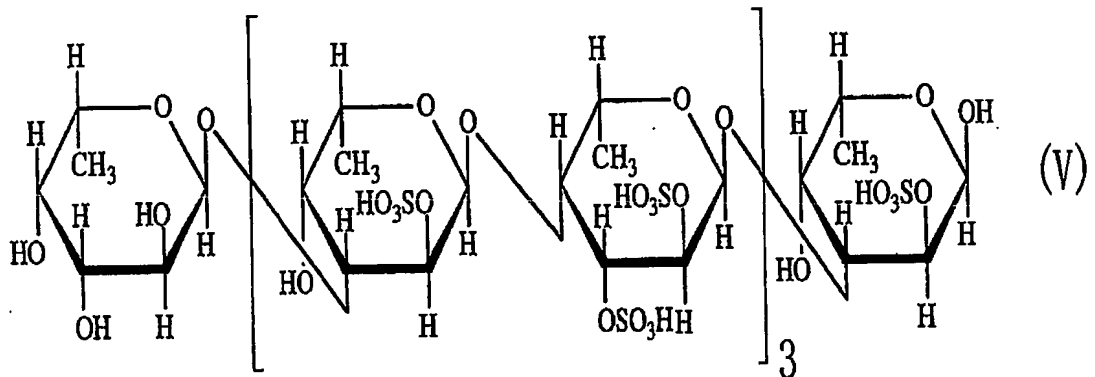
- 5 本発明により硫酸化フカンの構造解析や硫酸化フカンオリゴ糖の再現性よい製造に用いることができる新規の硫酸化フカン分解酵素及び該酵素の製造方法が提供される。また、該酵素を使用することにより製造できる、糖鎖工学用試薬として有用な硫酸化フカンオリゴ糖及びそれらの製造方法が提供される。

請求の範囲

1. フコフィラス (*Fucophilus*) 属細菌の培養物から得られたヒバ
マタ目褐藻由来硫酸化フカン分解酵素。

5 2. 下記の理化学的性質を有することを特徴とするエンド型 α -(1-4) L-
フコシダーゼである請求項1記載の硫酸化フカン分解酵素:

(I) 下記式 (V) で表される硫酸化フカンオリゴ糖に作用して、 α -(1-
4) L-フコシル結合をエンド的に切断する;



10

(I I) 約6~8の範囲に至適pHを有する;

(I I I) 約10~40℃に至適温度を有する。

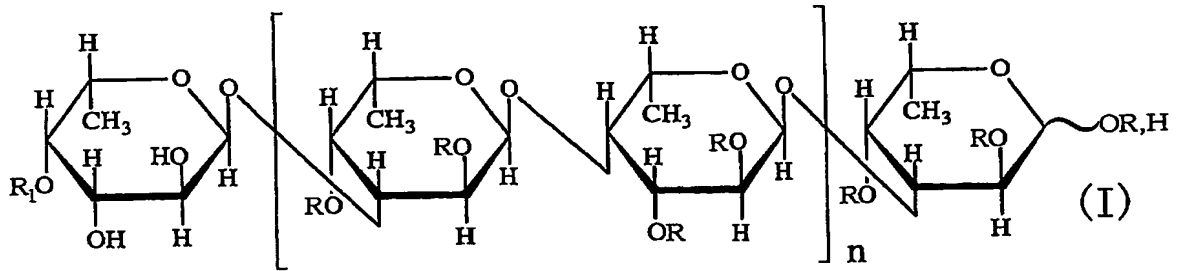
3. フコフィラス属細菌を培養し、その培養物から該酵素を採取することを特
徴とする請求項1記載の硫酸化フカン分解酵素の製造方法。

15

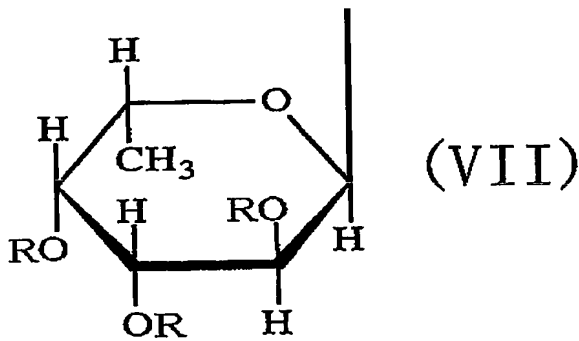
4. 褐藻類由来硫酸化多糖に請求項1記載の硫酸化フカン分解酵素を作用させ
て得られる硫酸化フカンオリゴ糖。

5. 褐藻類由来硫酸化多糖に請求項1記載の硫酸化フカン分解酵素を作用させ
て取得することを特徴とする硫酸化フカンオリゴ糖の製造方法。

6. 下記一般式 (I) で表される糖化合物又はその塩。

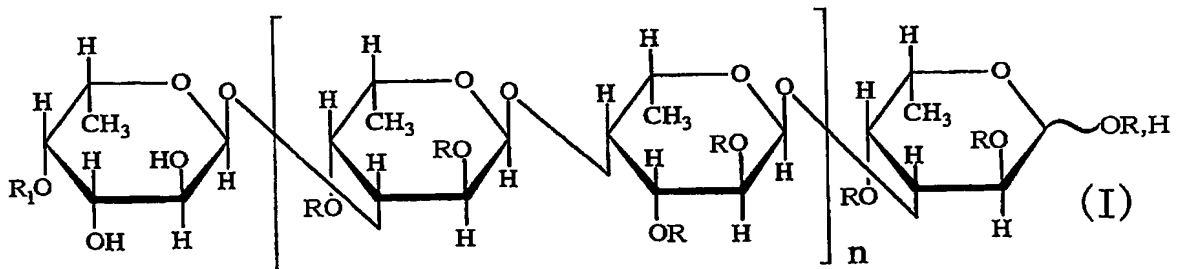


(式中、RはH又はSO₃H又はCH₃CO又は下記一般式(VII)であり、R₁はH又はSO₃H又はCH₃COである。R、R₁のうち少なくとも1つはSO₃Hである。nは1以上の整数である。)

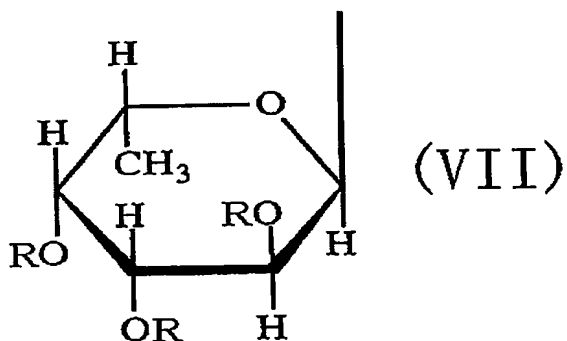


(式中、RはH又はSO₃H又はCH₃COである。)

7. 下記一般式(I)で表される硫酸化フカンオリゴ糖又はその塩。

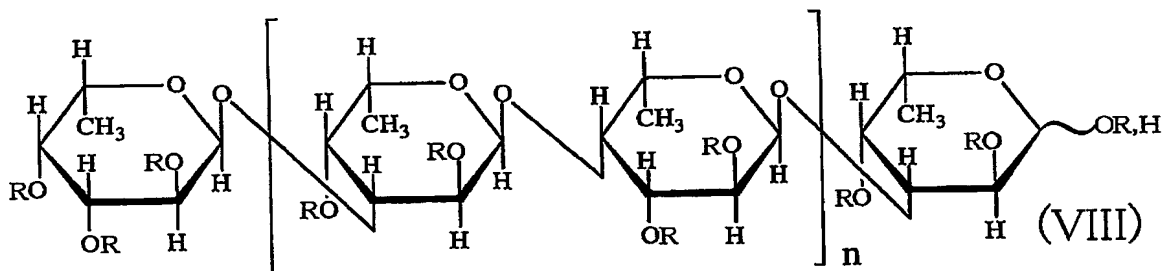


(式中、RはH又はSO₃H又はCH₃CO又は下記一般式(VII)であり、R₁はH又はSO₃H又はCH₃COである。R、R₁のうち少なくとも1つはSO₃Hである。nは1~4の整数である。)



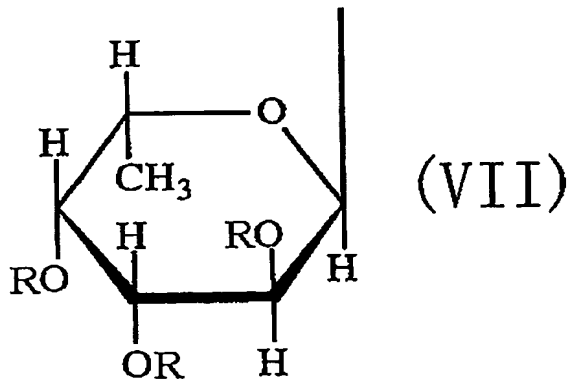
5 (式中、RはH又はSO₃H又はCH₃COである。)

8. 請求項1記載の硫酸化フカン分解酵素をヒバマタ目褐藻類由来硫酸化多糖に作用させて下記一般式(VIII)で表される硫酸化フカンオリゴ糖を製造する製造方法:



10

(式中、RはH又はSO₃H又はCH₃CO又は下記一般式(VII)であり、Rのうち少なくとも1つはSO₃Hである。nは1以上の整数である):



(式中、RはH又はSO₃H又はCH₃COである)。

9. ヒバマタ目褐藻類が *Fucus vesiculosus* 又は *Ascophyllum nodosum* である、請求項8記載の硫酸化フカンオリゴ糖の製造方法。

图 1

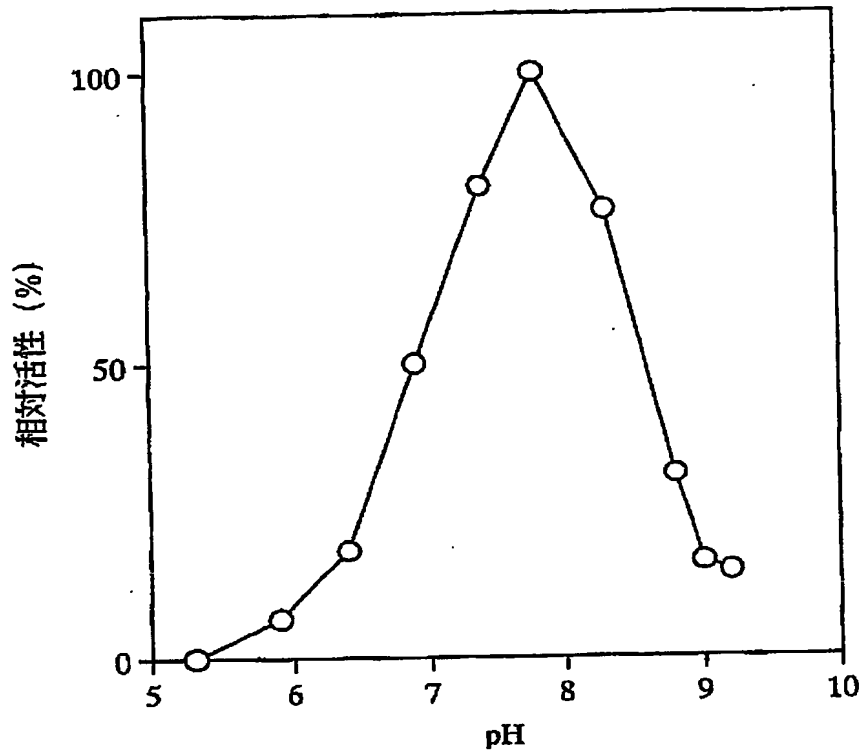


图 2

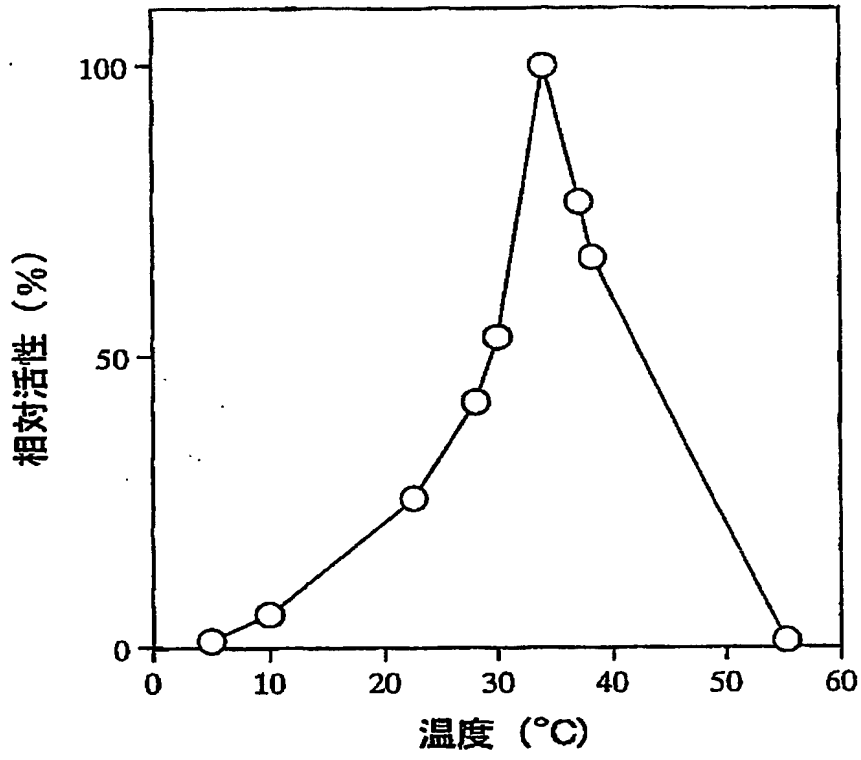


図 3

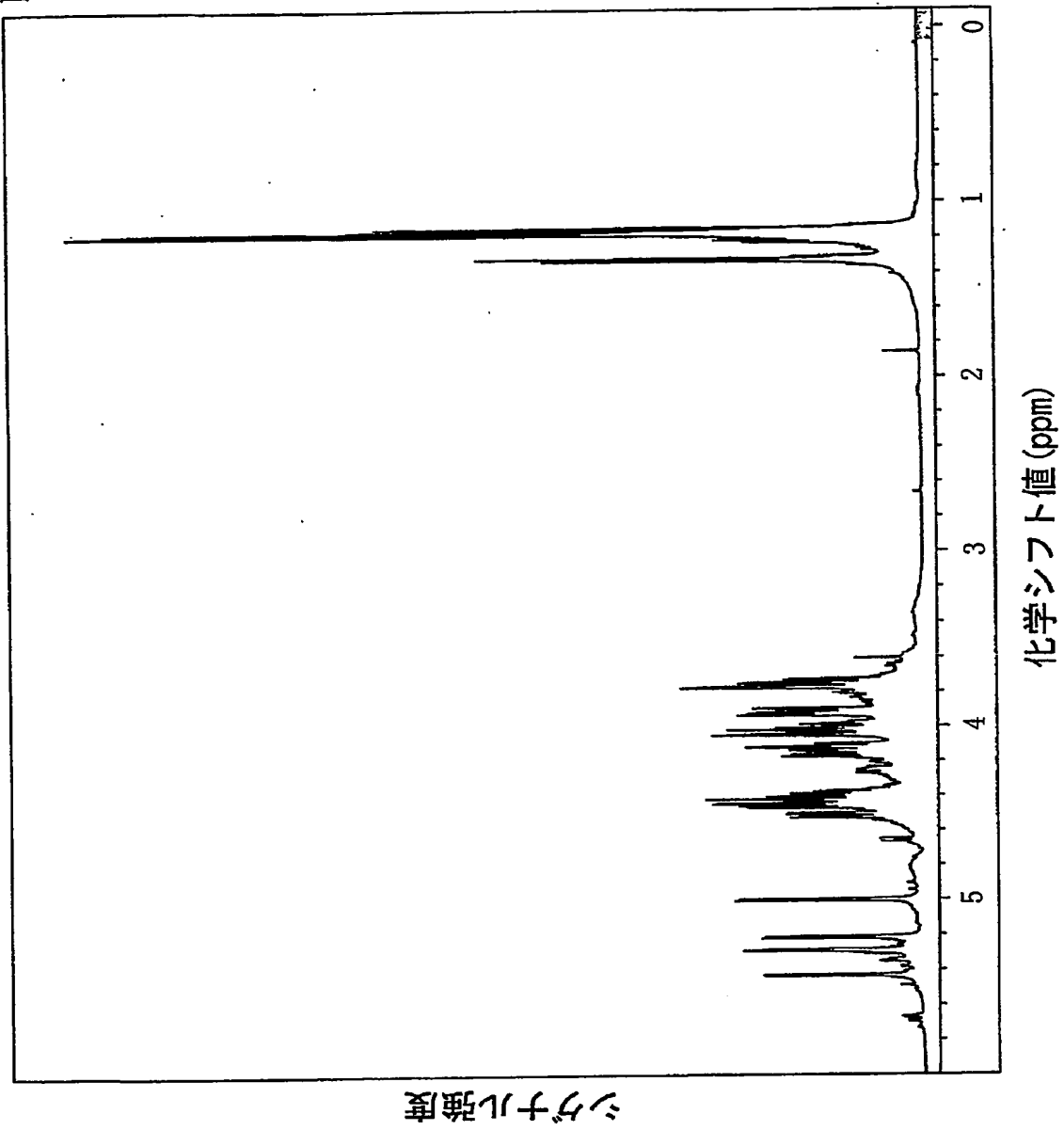


図 4

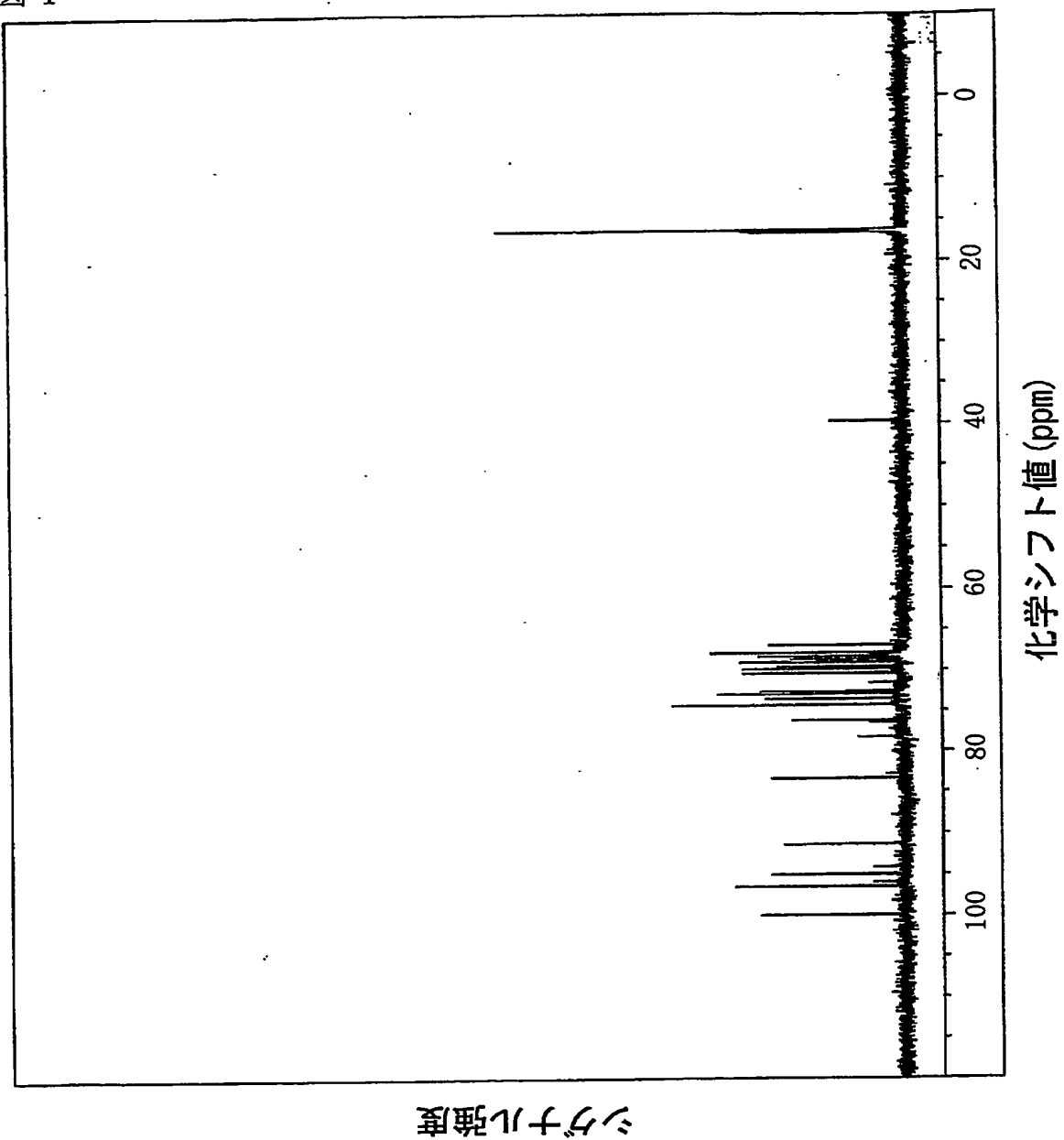


図 5

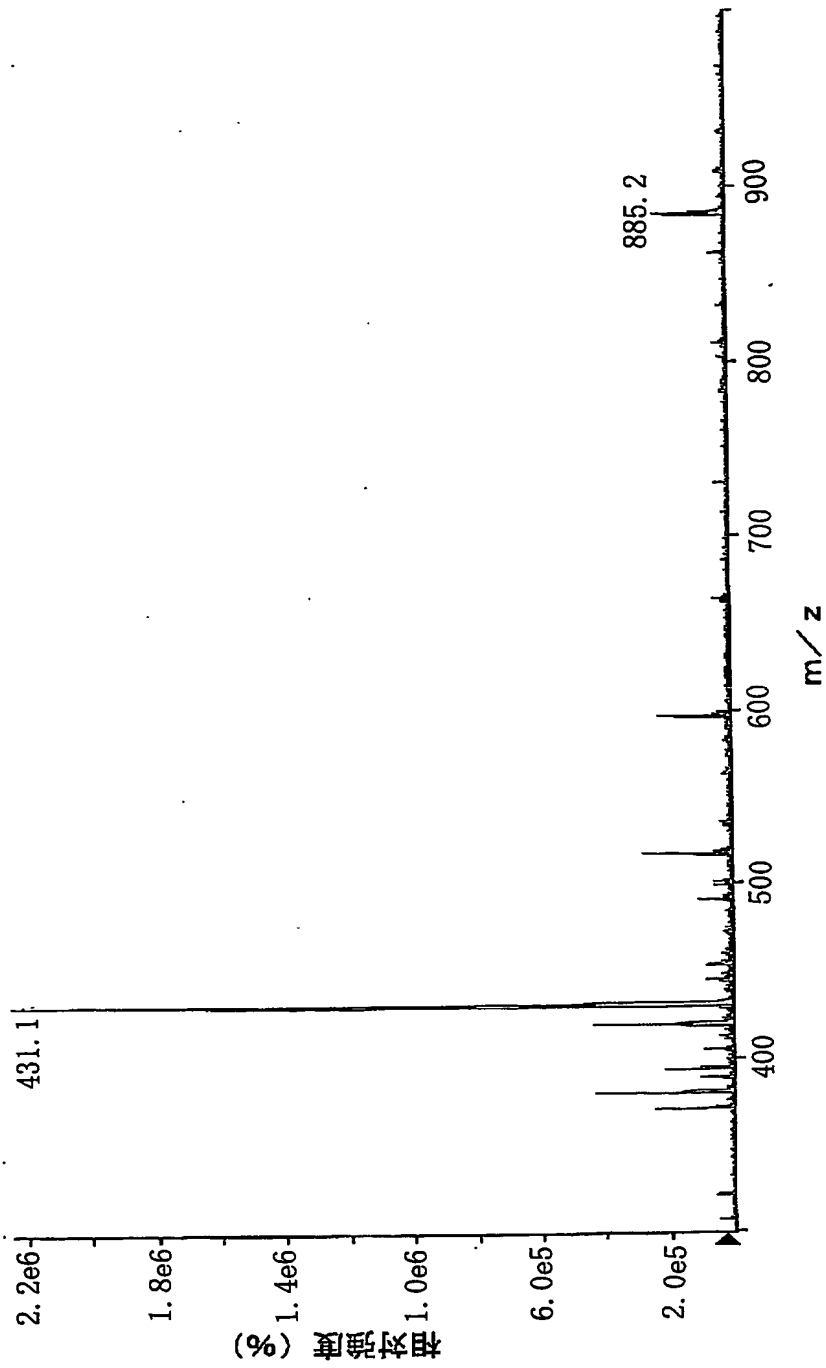


図 6

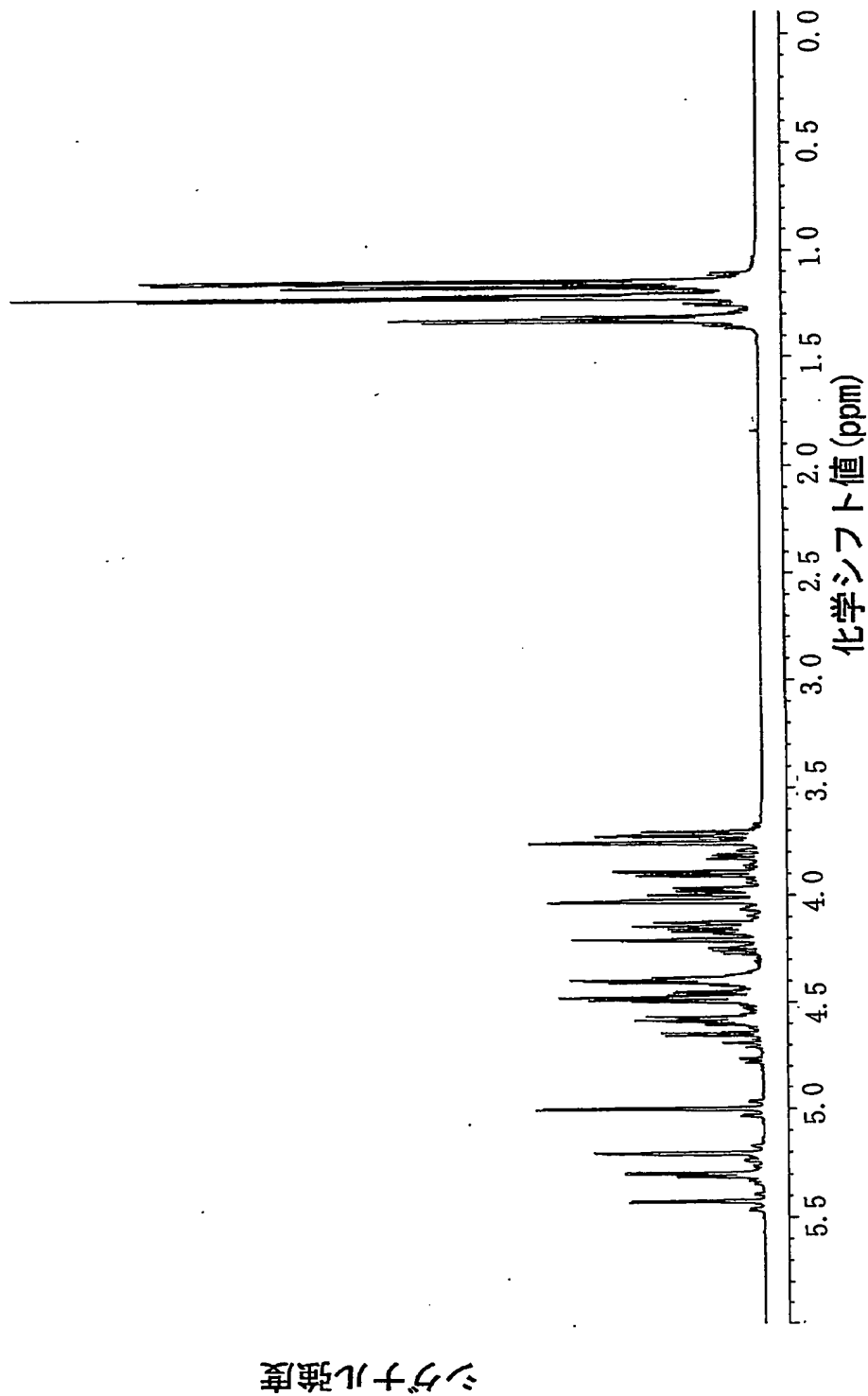
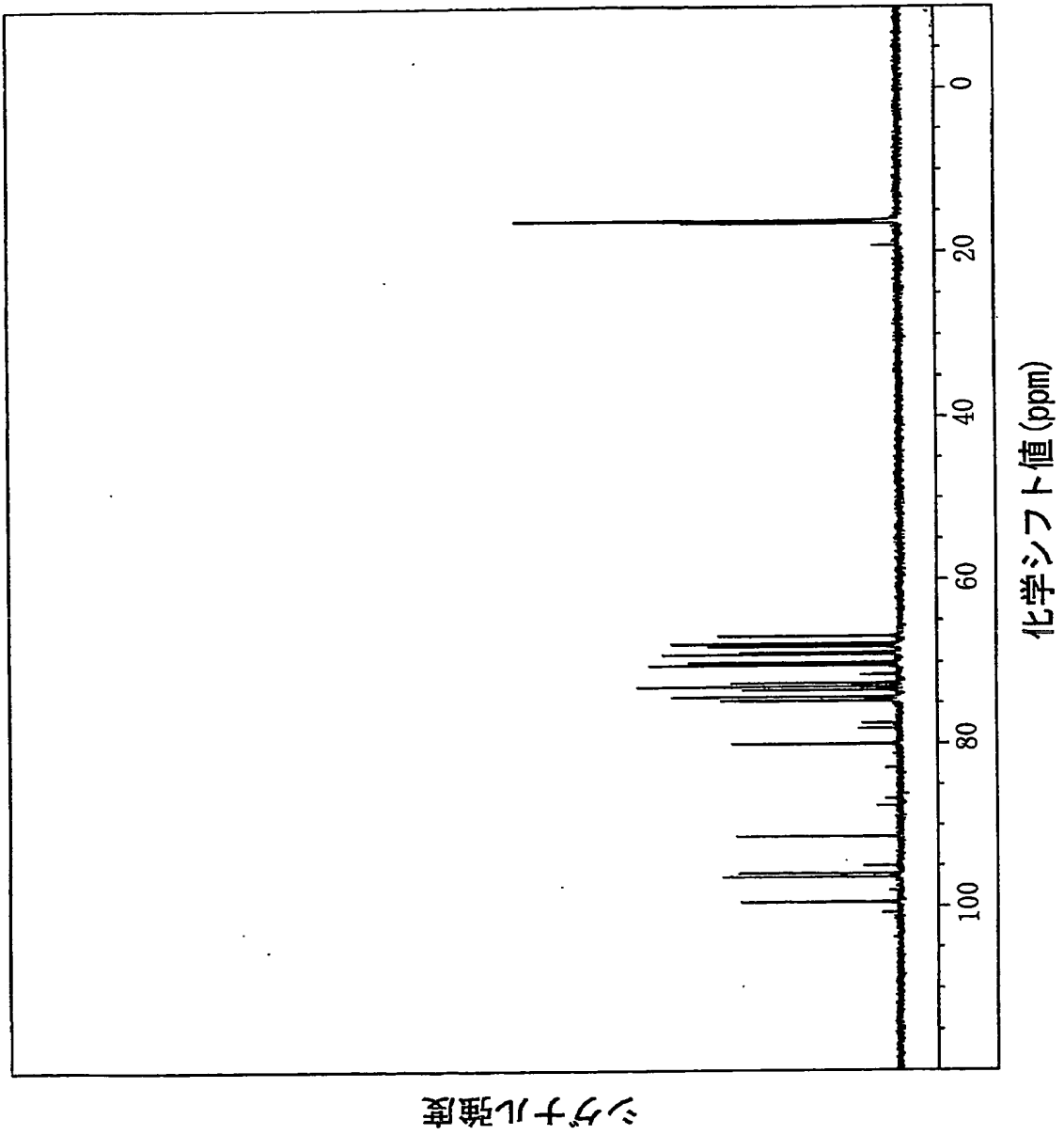


図 7



☒ 8

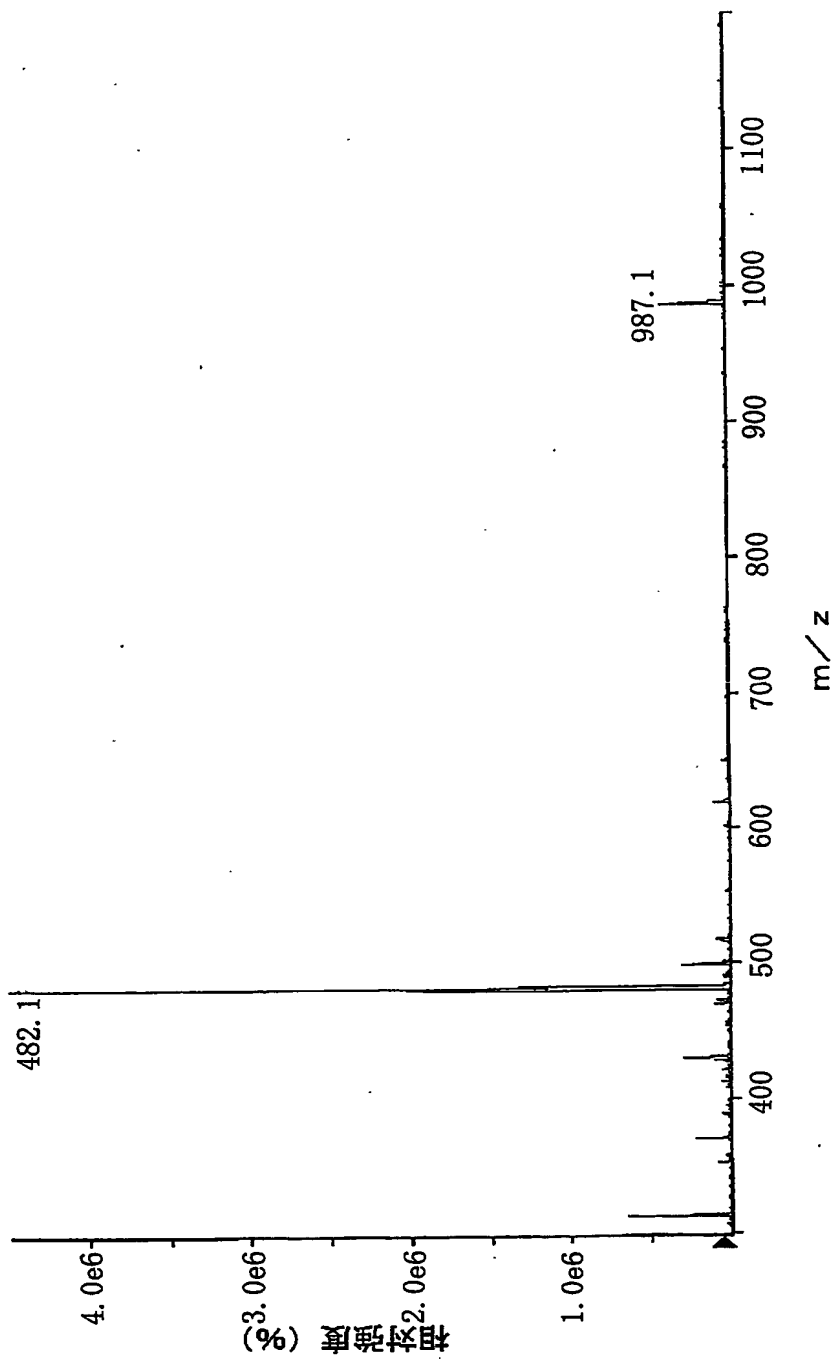
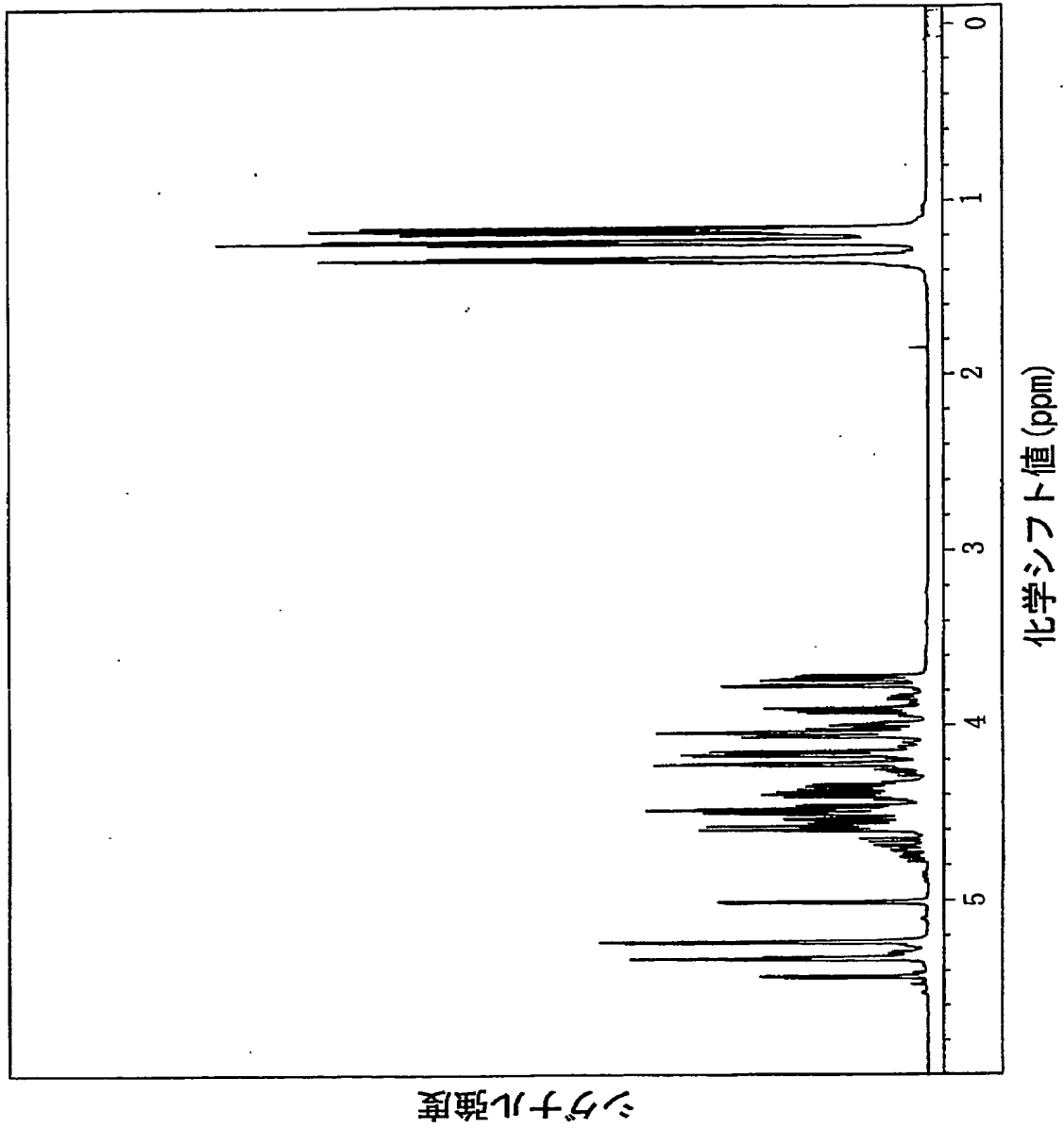
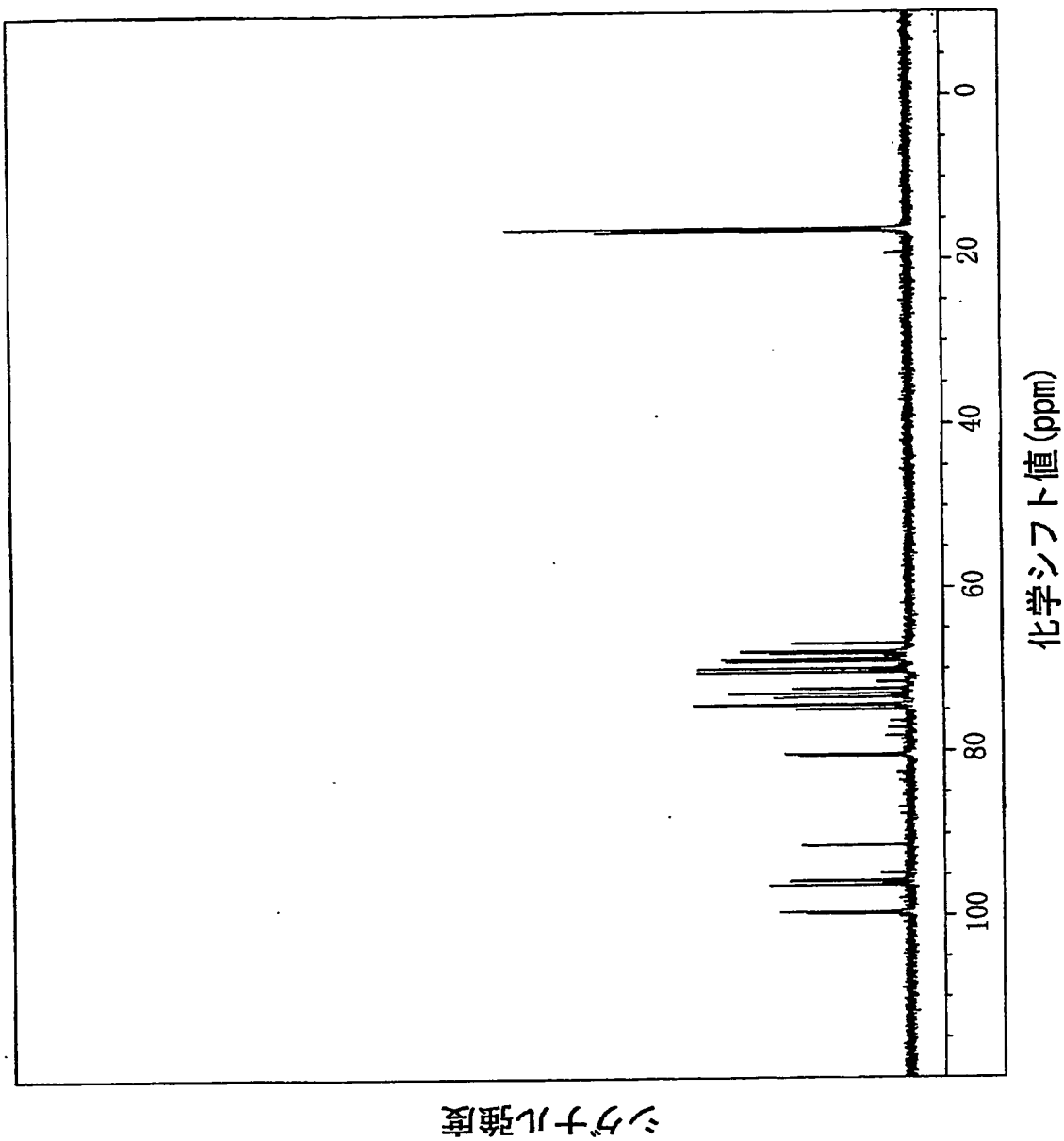


図 9



10/19

図 10



☒ 1 1

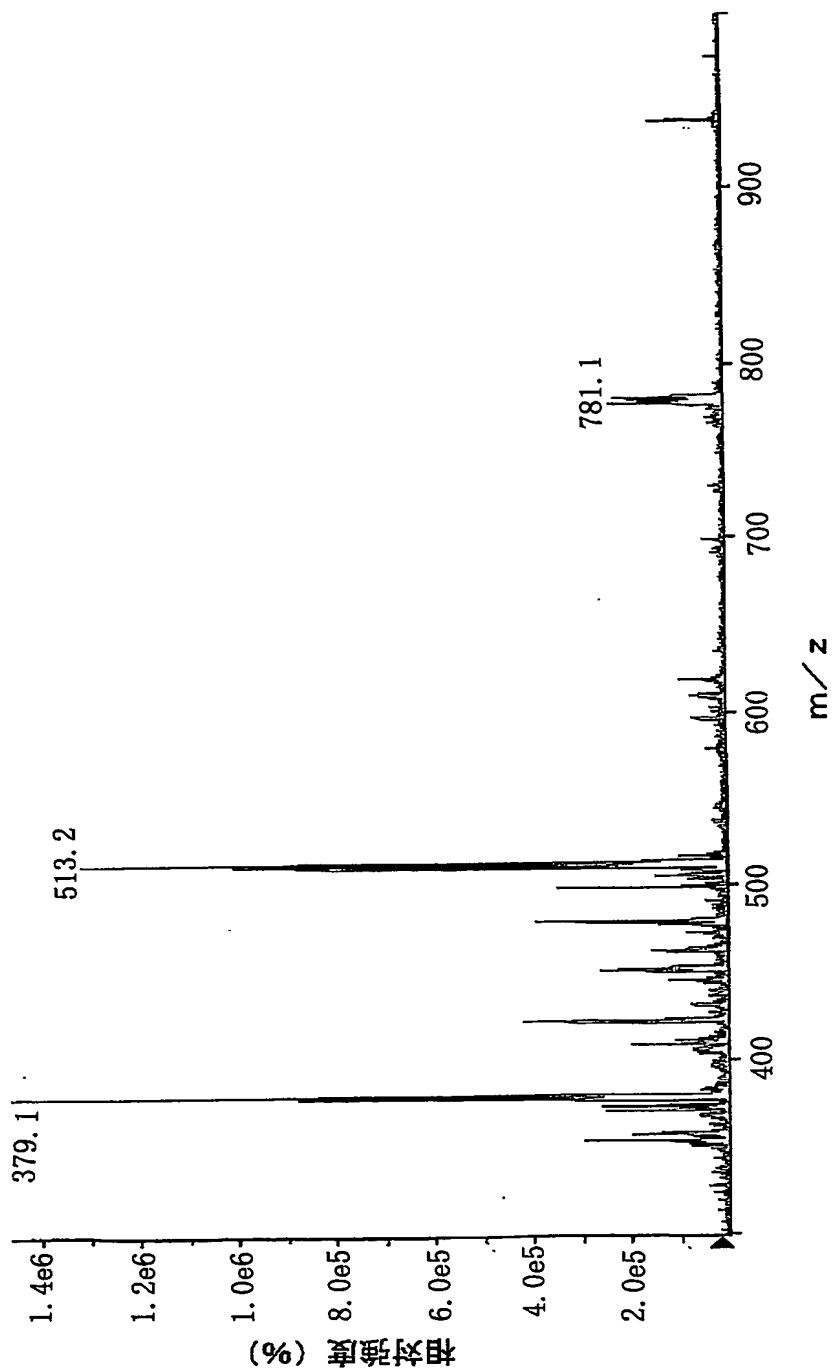


図 1 2

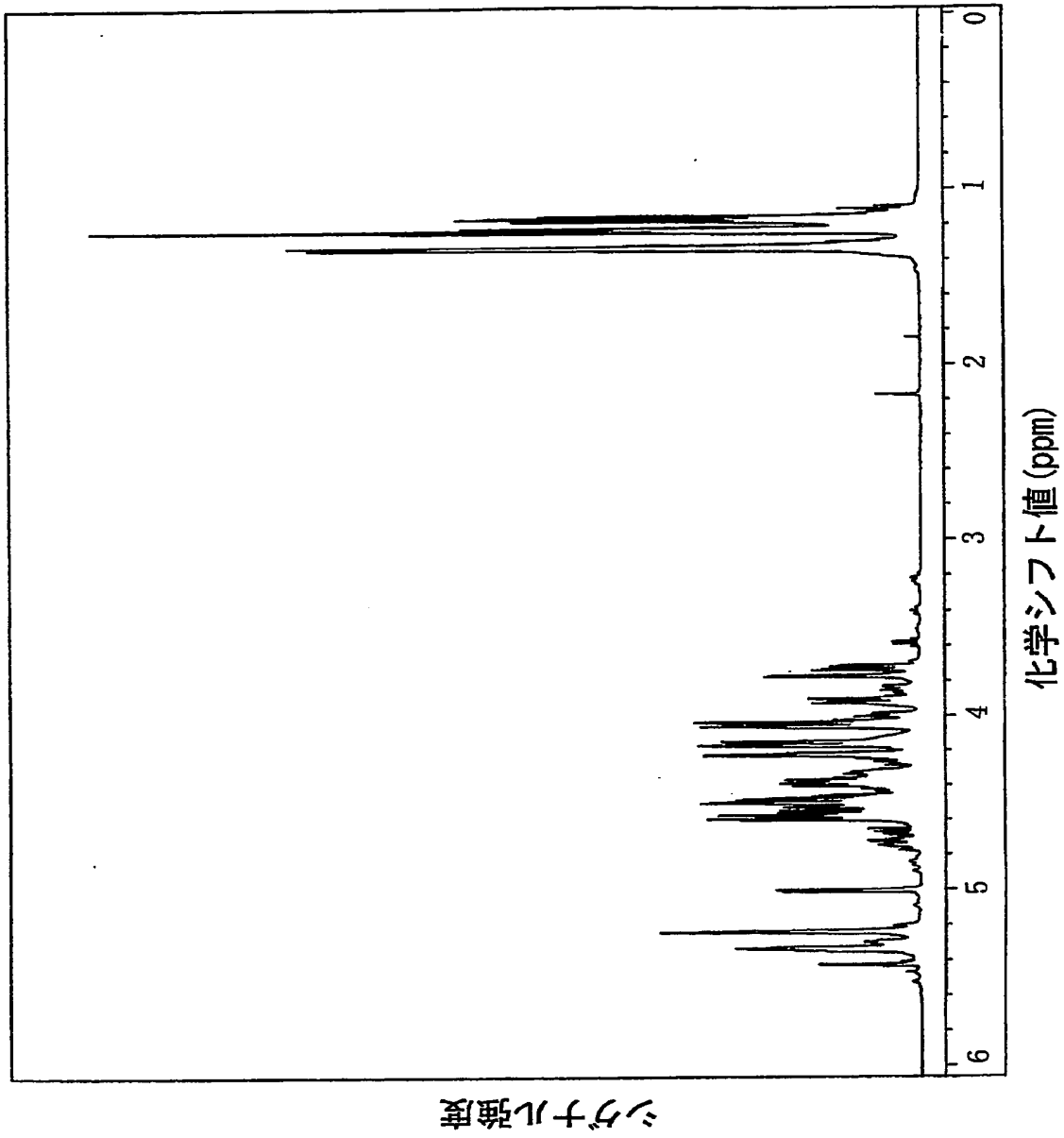


図 13

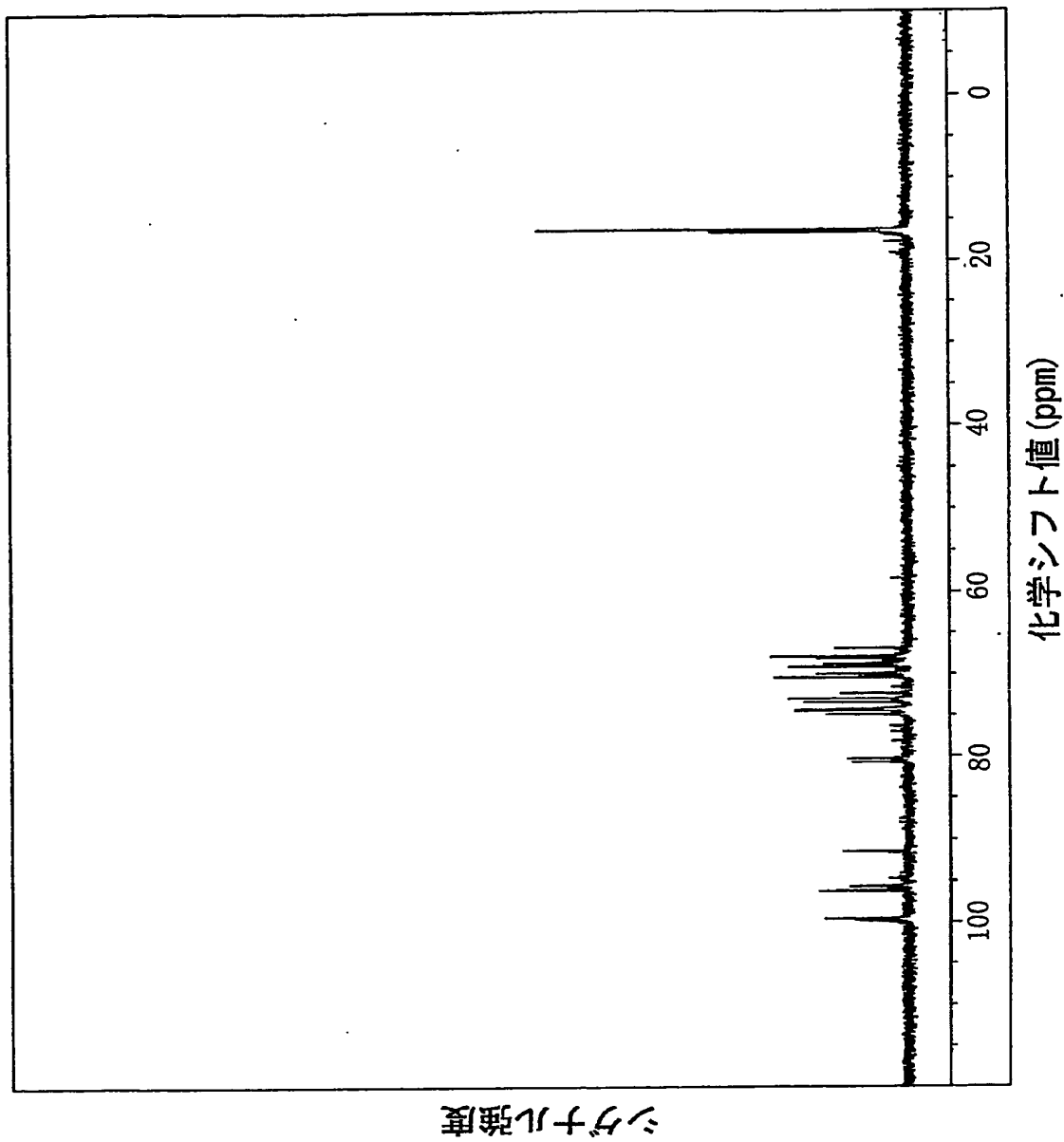


図 14

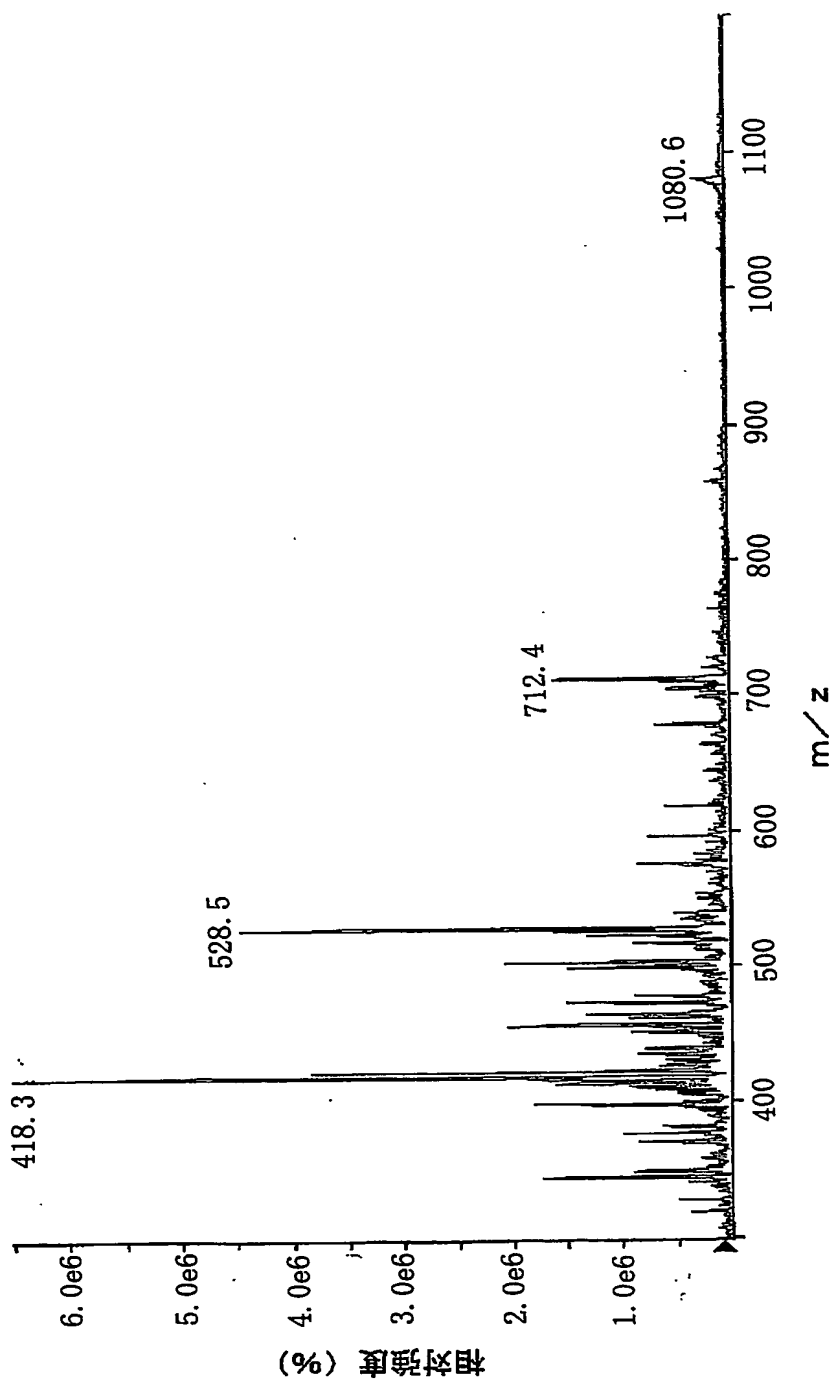


図 15

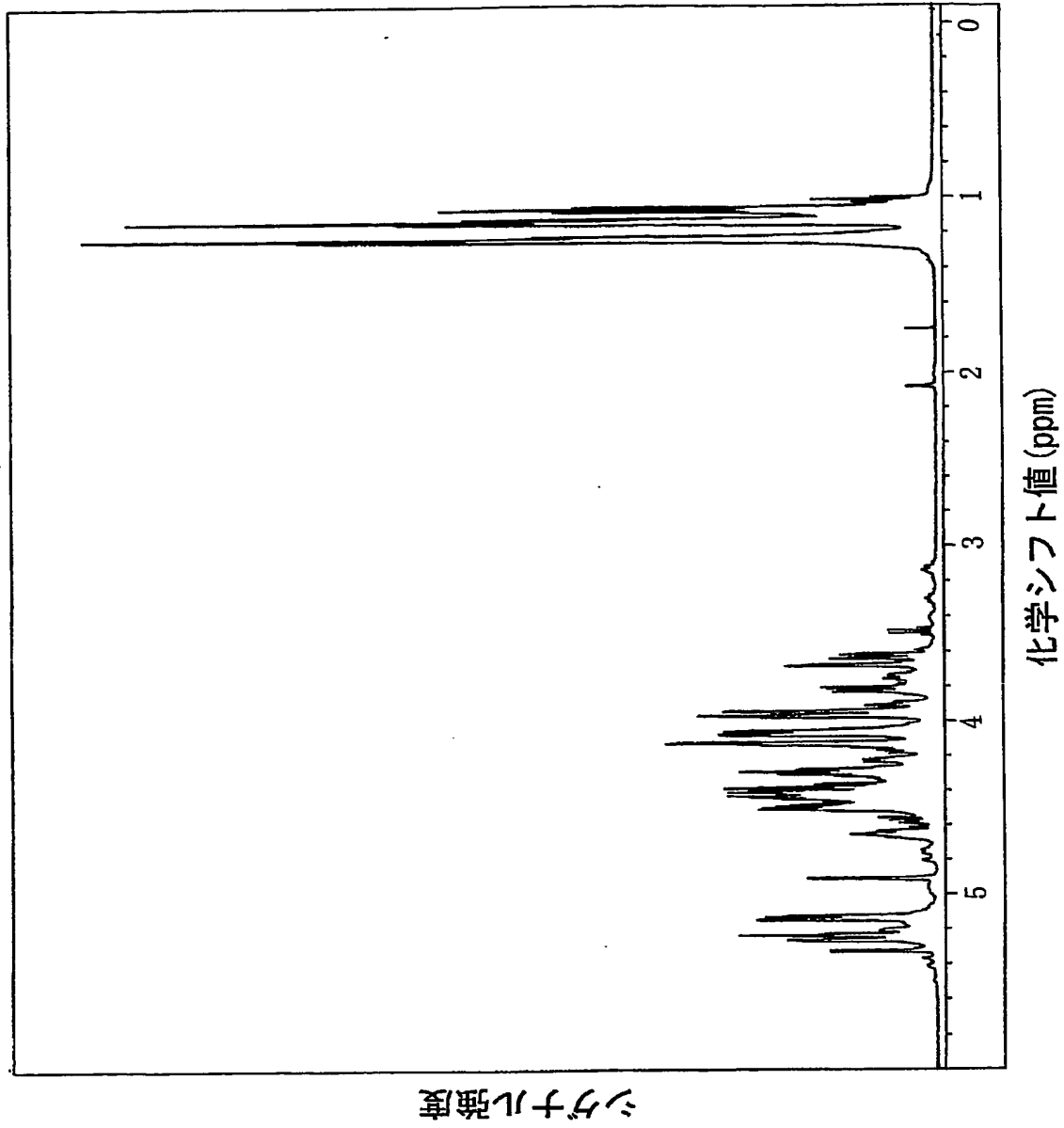
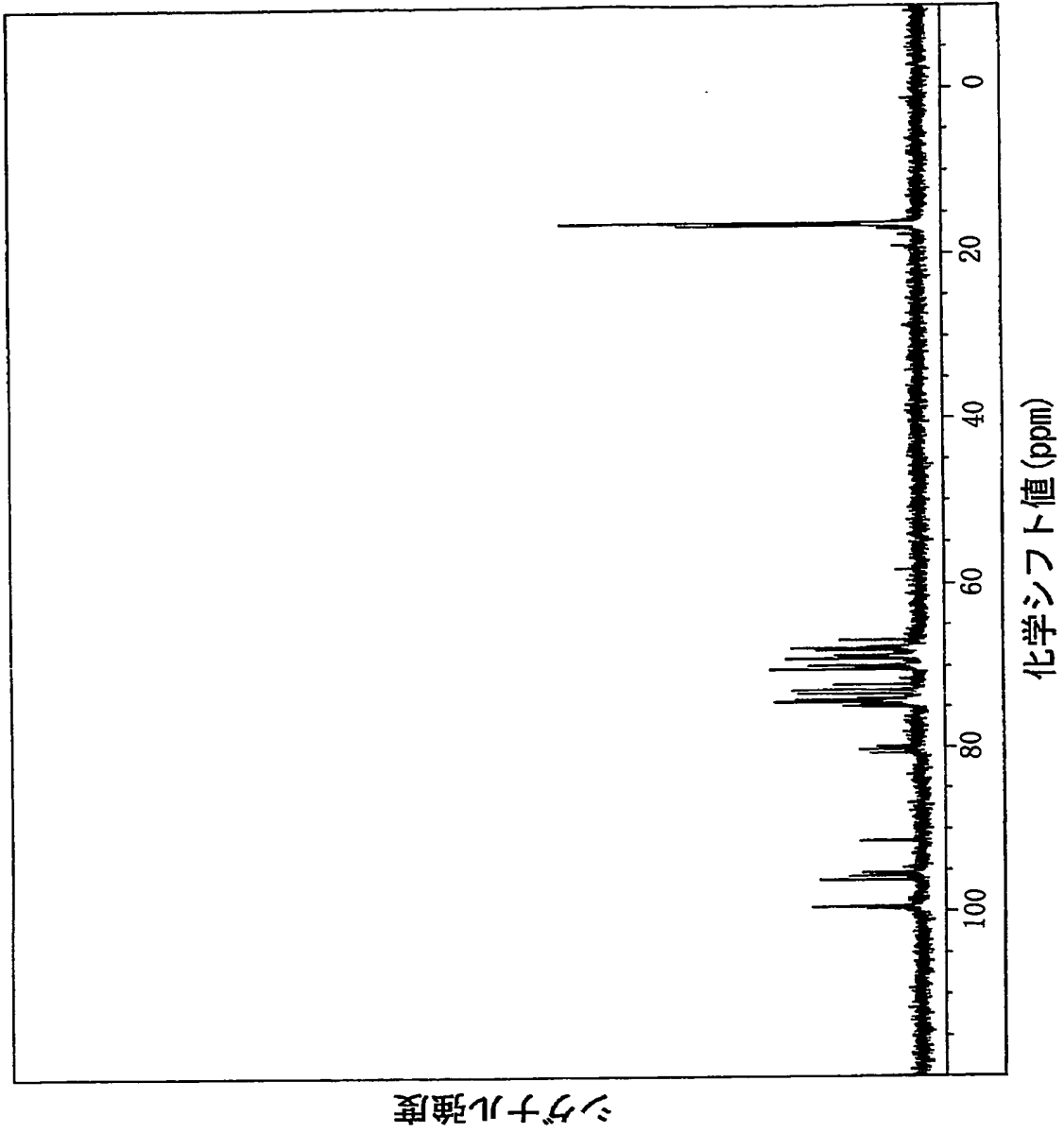


図 16



☒ 17

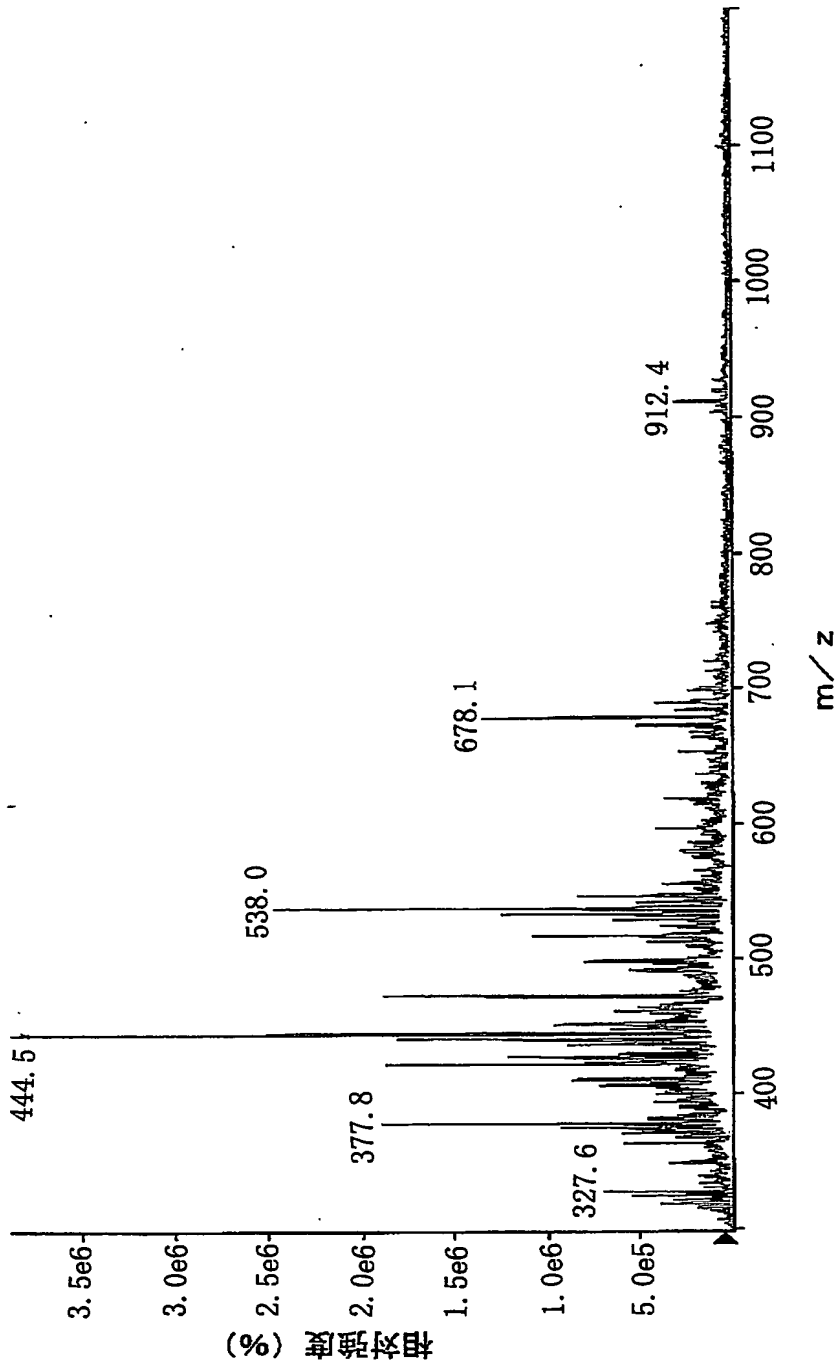


図 18

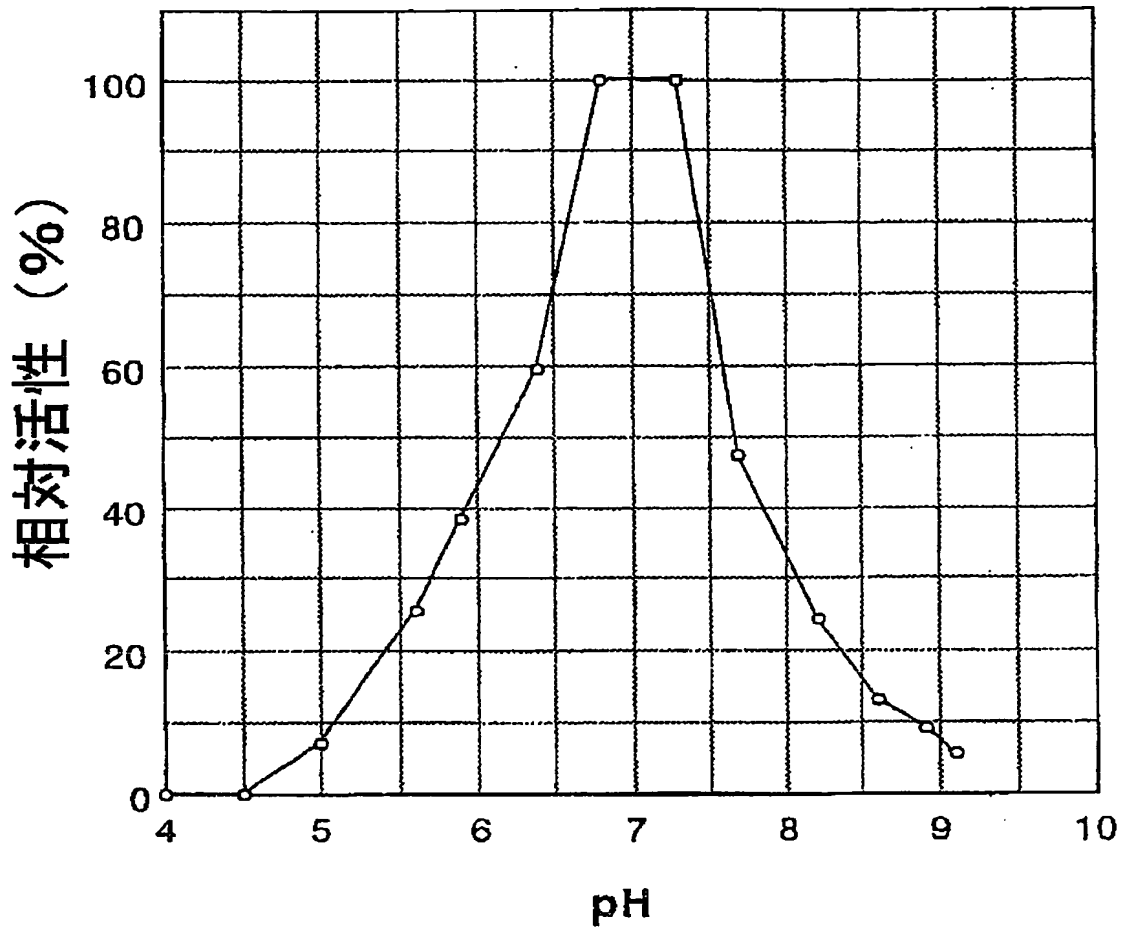
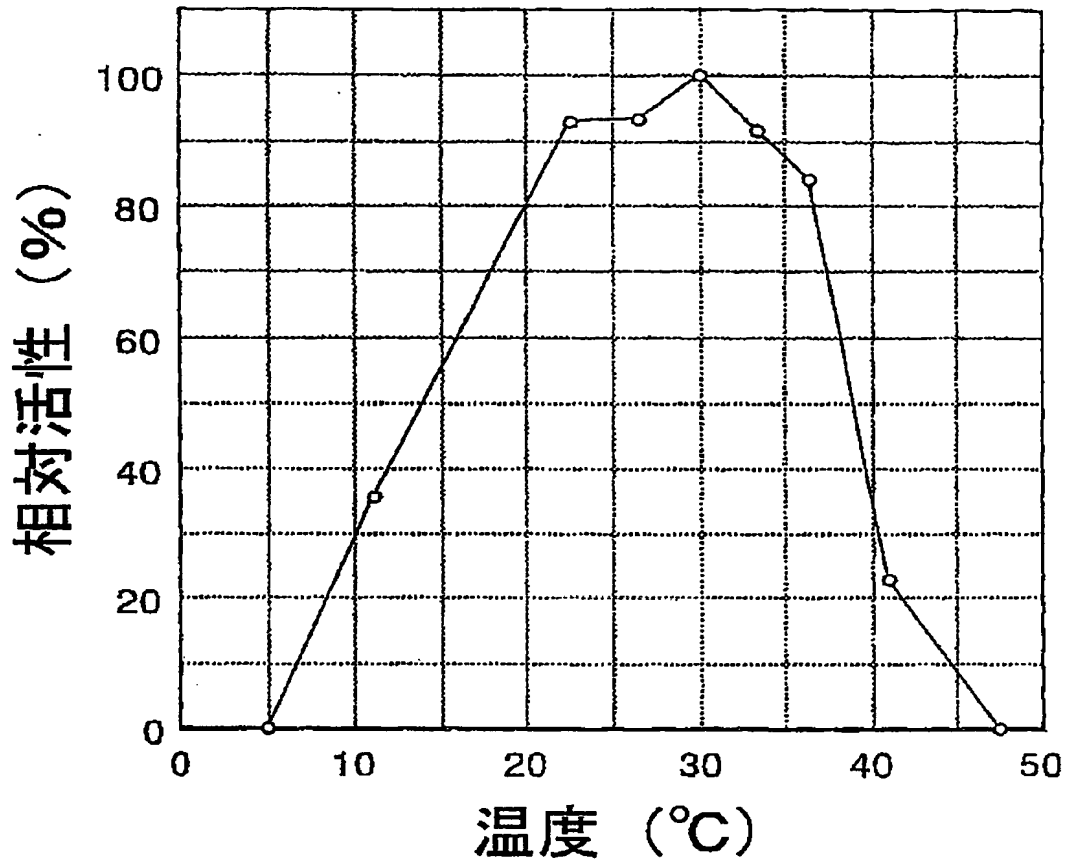


図 19



SEQUENCE LISTING

<110> TAKARA BIO INC.

<120> Sulfated fucan

<130> 663620

<150> JP 2002-10844

<151> 2002-01-18

<150> JP 2002-149874

<151> 2002-05-23

<160> 1

<210> 1

<211> 1517

<212> DNA

<213> Fucophilus fucoidanolyticus SI-1234

<400> 1

```
agagtttgat cctggctcag agtgaacgct ggcggcgtgg ttaagacatg caagtcgaac 60
gagattcttt gtattgaagc ctcggtggat ttataaagat gaaagtggca aacgggtgcg 120
taacacgtga gcaatctgcc ctaaagatcg gaatagctcg aggaaactcg aattaatgcc 180
ggatgtgata cgccaactca tgttggtagt attaaagctt gtaatggcgc ttaggagga 240
gctcgcggcc tatcagcttg ttggtgaggt aaaggctcac caaggcaaag acgggtagct 300
ggctctgagag gatgatcagc cacactggaa ctgagacacg gtccagacac ctacgggtgg 360
cagcagtttc gaatcattca caatgggggc aaccctgatg gtgcaacgcc gcgtgagggga 420
```

tgaaggcctt cgggtcgtaa acctctgtca ccaggagca acaagcaggt tcatagcctg 480
ccctgagtta acctggagag gaagcagtgg ctaactccgt gccagcagcc gcgtaatac 540
ggagactgca agcgttactc ggattcactg ggcgtaaagg gtgcgtaggc ggatagatgt 600
gtcaggtgtg aaatctcggg gctcaacctc gaaactgcgc ctgaaactgt ctatctagag 660
tattggaggg gtaagcggaa tttctggtgt agcggtgaaa tgcgtagata tcagaaggaa 720
caccaatggc gaaggcagct tactggacaa atactgacgc tgaggcacga aagcatgggt 780
agcgaaaggg attagatacc cctgtagtcc atgccgtaaa cgttgcacac taggtccttg 840
gggtttcgac ctttcagga cccagctaa cgcgataagt gtgccgcctg aggactacgg 900
ccgcaaggct aaaactcaaa ggaattgacg ggggcccgca caagcgggtg agcatgtggt 960
ttaattcgat gcaacgcgaa gaaccttacc taggcttgac atgtaatgga cgattttcag 1020
agatgaattt ttcccttcgg ggctgttaca caggtgctgc atggccgtcg tcagctcgtg 1080
tcgtgagatg tttggtaag tccagcaacg agcgcaaccc tcgtccttag ttgccagcac 1140
gtaatggtgg ggactctaag gagacaaact ctctttgaga gtgggaaggt ggggatgacg 1200
tcaggtcagt atggccetta cgcttagggc tacacacgtg ctacaatgcc cggtaacaata 1260
ggacgcaata ccgcgaggtg gagcaaatcc tcaaaaccgg gccagttcg gattggagtc 1320
tgcaactcga ctccatgaag tcggaatcgc tagtaatgac gtatcagcta tgacgtcgtg 1380
aatacgttcc cgggccttgt acacaccgcc cgtcacatca tgaaagccgg ttttgcccga 1440
agtacgtgag ctatccctcg ggaggcagcg tctaaggca gggctggtga ttgggatgaa 1500
gtcgtacaac ggtagcc 1517

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/00334

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ C12N9/42, C07H11/00, C08B37/00, C12P19/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ C12N9/42, C07H11/00, C08B37/00, C12P19/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JSTPlus (JOIS), WPI (DIALOG), BIOSIS (DIALOG)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 01/81560 A1 (Takara Shuzo Kabushiki Kaisha), 11 January, 2001 (11.01.01), Full text & EP 1277834 A1	1-9
X	Sakai T. et al., Novel enzyme, fucoidan deacetylase, and the pathway of enzymatic degradation of fucoidan from Cladosiphon okamuranus, Abs. XXIst Jap. Carbohydr. Symp., 2001, page 42	1-9
X	Sakai T. et al., Two novel enzymes from a sea bacterium, α -D-glucuronidase and endo- α -L- fucosidase and their use for the analysis of the structure of fucoidan (sulfated glucuronofucan) from Cladosiphon okamuranus, Abs. XXIst Jap. Carbohydr. Symp. 2000, page 64	1-9

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 10 April, 2003 (10.04.03)	Date of mailing of the international search report 22 April, 2003 (22.04.03)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/JP03/00334

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 90/15823 A1 (Ifremer-Institut Francais De Recherche Pour L'exploitation De La Mer), 27 December, 1990 (27.12.90), Full text & EP 403377 B1 & US 5321133 A & JP 3042543 B2	4, 6, 7
X	Chevolot L. et al., A disaccharide repeat unit is the major structure in fucoidans from two species of brown algae, Carbohydr. Res., 2001, Vol.330, No.4, pages 529-35	4, 6, 7
P, X	Takeshi SAKAI et al., "Kaiso Yurai Fukoidan to sono Oligo-to no Kozo to Seibutsu Kassei", Bioscience & Industry, 01 June, 2002 (01.06.02), Vol.60, No.6, pages 377 to 380	1-9
P, X	Hitomi KIMURA et al., "Shinki Fucoidanase o Riyo shite Kettei shita Fucus Vesiculosus Yurai Fucoidan no Shusa Kozo", Japanese Society for Marine Biotechnology Taikai Koen Yoshishu, 25 May, 2002 (25.05.02), Vol.6, page 105	1-9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int. Cl. C12N9/42, C07H11/00, C08B37/00, C12P19/04

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
 Int. Cl. C12N9/42, C07H11/00, C08B37/00, C12P19/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

国際調査で使用了電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)
 JSTPlus (JOIS) WPI (DIALOG) BIOSIS (DIALOG)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	WO 01/81560 A1 (宝酒造株式会社) 2001.01.11, 全文 & EP 1277834 A1	1-9
X	Sakai T. et al., Novel enzyme, fucoidan deacetylase, and the pathway of enzymatic degradation of fucoidan from Cladosiphon okamuranus, Abs. XXIIst Jap. Carbohydr. Symp., 2001, page 42	1-9

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
- 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
- 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
- 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
- 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願


の日の後に公表された文献

- 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
- 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
- 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
- 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
 10.04.03

国際調査報告の発送日
 22.04.03

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
 高堀 栄二  4N 3126
 電話番号 03-3581-1101 内線 3448

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	Sakai T. et al., Two novel enzymes from a sea bacterium, α -D-glucuronidase and endo- α -L-fucosidase and their use for the analysis of the structure of fucoidan (sulfated glucuronofucan) from <i>Cladosiphon okamuranus</i> , Abs. XXIst Jap. Carbohydr. Symp., 2000, page 64	1-9
X	WO 90/15823 A1 (フレメール-アンステイティ フランセ ドゥルシエルシュ プール レックスプロアタシオン ドラ メール) 1990. 12. 27, 全文 & EP 403377 B1 & US 5321133 A & JP 3042543 B2	4, 6, 7
X	Chevolot L. et al., A disaccharide repeat unit is the major structure in fucoidans from two species of brown algae, Carbohydr. Res., 2001, Vol. 330, No. 4, pages 529-35	4, 6, 7
P X	酒井武 他, 海藻由来フコイダンとそのオリゴ糖の構造と生物活性, バイオサイエンスとインダストリー, 2002. 6. 1, Vol. 60, No. 6, pages 377-380	1-9
P X	木村ひとみ 他, 新規フコイダナーゼを利用して決定した <i>Fucus vesiculosus</i> 由来フコイダンの主鎖構造, マリンバイオテクノロジー学会大会講演要旨集, 2002. 5. 25, Vol. 6th, page 105	1-9